LIVESTOCK FEED BOARD OF CANADA

OFFICE DES PROVENDES DU CANADA

ISBN 0-660-12191-3

ECONOMICS OF ON-FARM FEED PROCESSING

Prepared for the
Livestock Feed Board of Canada

by

Nicholas E. Florakas

May 1986

P.O. Box 177
Snowdon Station
Montreal, Quebec
H3X 3T4

Canada

87-01442/

OBJECTIVES AND DUTIES

*The **Livestock Feed Board of Canada** is a Crown Corporation reporting to Parliament through the Minister of Agriculture. Established under the Livestock Feed Assistance Act in 1967, its objectives are to ensure: (a) the availability of feed grain in Eastern Canada and British Columbia, (b) the availability of adequate storage space in Eastern Canada, and (c) the reasonable stability and fair equalization of feed grain prices in Eastern Canada, British Columbia, the Yukon Territory and the Northwest Territories. The Board administers the Feed Freight Equalization Program under which a portion of the costs of transportation of feed grains is paid. The Act also stipulates that it is the duty of the Board to make a continuing study of feed grain requirements and availability in these areas, as well as to study and make recommendations to the Minister with respect to requirements for additional feed grain storage facilities in Eastern Canada. It is also the duty of the Board to advise the Government on all matters pertaining to the stabilization and fair equalization of feed grain prices to livestock feeders, and to the greatest extent possible, consistent with its objectives, to consult and cooperate with all departments, branches or other agencies of the Government of Canada or any Province having duties, aims or objects related to those of the Board.*

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
TONNAGE BASIS	2
FEED PRODUCT TERMINOLOGY	4
BATCH VERSUS FLOW PROCESSING	5
VOLUMETRIC SYSTEMS VERSUS GRAVIMETRIC SYSTEMS	6
ALTERNATIVE FEED PROCESSING SYSTEMS	9
. Stationary Batch Systems	9
. Grain Processing Equipment	10
Hammer Mills	10
Burr Mills	11
Roller Mills	12
. Mixers	14
Vertical Batch Mixers	15
Horizontal Batch Mixers	17
Combined Grinder-Mixer Units	17
Portable Grinder-Mixers	20
Automatic Electric Mills	22
STORAGE EQUIPMENT	25
. Cereal and Protein Storage	25
Steel Storage Bins	25
Wooden Storage Bins	27
. Silage Storage	28
. Oxygen-Limiting Storage	28
. Silo Location	31
THE EXCEPTIONAL	31
. Pelleting	31
. Roasted Soybeans versus Soybean Meal	32
. Manure Processing and Methane Production	33

FEASIBILITY ANALYSIS 33

. Economic Evaluation 34
Complete Feed Price 34
On-Farm Feed Price 36
Quality Factor 37
Pelletizing Factor 37
Adjusted On-Farm Feed Price..... 37
Margin 38
Feed System Capital Cost 38
Storage System Capital Cost 38
Total Investment 39
System Operating Cost 39
Storage Operation Costs 44
Total Operating Costs 44
Savings 44
Return on Investment 44
. Additional Considerations 44

CONCLUSION 45

REFERENCES 47

APPENDIX 48

INTRODUCTION

Feed is one of the major costs in livestock and poultry production. In most cases, it accounts for over 50 per cent of the total expenses. This percentage varies depending on the price of commodities and the degree of feeding efficiency on a given farm. A livestock or poultry producer must, therefore, optimize his feed operation regardless of the method of acquiring feed.

The farmer is being pulled in different directions by the farm supply industry. Feed manufacturers, depending on whether they sell complete feed, supplements, premixes, or micro-premixes, and equipment manufacturers all speak in defense of their industry benefits. The livestock feeder thus requires a clear, concise, and unbiased reference to help him make the best decision.

This study brings together considerable information from a variety of sources, to enable livestock producers to decide on the feasibility of «on the farm processing» for their situation.

TONNAGE BASIS

A study on the feasibility of on-the-farm feed processing systems must begin by estimating the type and volume of feed required. This will vary, depending on the type of livestock to be fed, the size of the herd or flock, the system of production, and the level of performance desired. When all these factors are considered, the size of the herd or flock has the major impact on feed requirements.

In the 20 year period between 1961 and 1981 the number of farms across Canada decreased sharply, while the size of each farm increased. An indication of the relative changes in the number of farms and the total livestock produced is shown in Table 1. The most noticeable differences were recorded in hog farms. Over this 20 year period, the number of hog farms across Canada has decreased by a factor of 4, while the number of hogs has increased a factof of 1.85. The average farm size calculated from the numbers in Table 1 is unrealistically low since it includes the small farms having less than 20 animals which would not be relevant to this study.

Table I

LIVESTOCK AND POULTRY ON CANADIAN FARMS

Class of Livestock		1961	1971	1981
Cattle	Units	11,941,184	13,278,233	13,501,904
	# of farms	375,058	248,757	165,073
Hogs	Units	5,332,736	8,106,926	9,875,065
	# of farms	223,402	122,481	55,765
Poultry*	Units	69,612,229	87,537,179	92,717,929
	# of farms	266,080	119,596	86,697

*Hens and Chickens only.

Table 2 indicates the average annual growth of farm operations, based on Statistics Canada data, for different livestock classes in Canada. The values have been relatively constant over the last 20 years and can thus be safely used for extrapolation purposes.

TABLE 2

ANNUAL FARM SIZE GROWTH AND UNIT FEEDING REQUIREMENTS FOR DIFFERENT CLASSES OF LIVESTOCK

Class of Livestock	Annual Growth In Farm Size %	Annual Feeding Requirement (1,3) Kg/Unit
Layers	4.8	40
Dairy	5.4	2 700
Hogs*	18.9	1 100 (sow) 280* (market pig)

*Assume 1 sow produces 2 litters (16 market pigs per litter) annually.

The tonnes of feed required annually can be determined by multiplying the size of the herd by the unit feed requirements tabulated in Table 2. These requirements indicate a medium level of feeding efficiency. In 1981, hog farms in Quebec ranged from 270 to 2 200 market hogs annually, and dairy farms ranged from 30 to 120 milking cows. In Ontario, laying hen farms included anywhere between 5 000 to 40 000 birds.(2) Using the values in Table 1, the range in farm sizes and feeding requirements can be calculated for any year. The results of the extrapolation for 1985 and 1990 are tabulated in Table 3. They indicate that the approximate farm tonnage requirements for the remainder of the decade will range between 100 and 3 265 tonnes per year, depending on farm size and type.

TABLE 3

EXTRAPOLATED ANNUAL TONNAGE REQUIREMENTS FOR FARMS IN 1985 AND 1990

YEAR	1981		1985		1990	
Class of Livestock	Farm Size	Tonnage (Tonnes)	Farm Size	Tonnage (Tonnes)	Farm Size	Tonnage (Tonnes)
Layers	5 000-40 000	200-1 600	6 030-48 250	241-1 930	7 625-61 000	305-2 440
Dairy	30- 120	80- 325	37- 148	100- 400	48- 193	130- 520
Hogs	270- 2 200	85- 690*	540- 4 400	170-1 383*	1 280-10 450	390-3 265*

*Tonnage values include sow feeding requirements.

In view of the above data, the tonnage basis for this study was set so as to cover a wide range of estimated tonnages. The annual feed requirements were selected as being 75, 150, 300, 600, 1 200, and 2 400 tonnes per year.

FEED PRODUCT TERMINOLOGY

Many options for producing feed on the farm are available for today's farmer. He can purchase a commercial supplement and mix it with available barley, wheat or corn, or he can use a premix and mix in a variety of ingredients. The basic problem is that direct comparisons are very difficult.

To-date, many industry manufacturers classify feeds according to their inclusion rates in a ration. For example, a premix can be the base component which is mixed into a formulation up to a proportion of 5 per cent by weight. The proportions of a supplement could be as high as 30 per cent by weight. With the diversification of feed products, the partition is becoming more and more complex.

For purposes of this study, the following classification of feeds was adopted. The illustrative chart in Figure 1 represents the partitions used for this study. The partitions are in accordance with the Canada Feeds Act. Complete feed refers to a feed that «when used for the kind of livestock and for the purposes stated on the label, it will provide all of the nutritional requirements, except water, necessary for the maintenance of life or for promoting production. Usually, the mixture will include some form of roughage, which may be in the form of silage or hay. Complete feeds for non-ruminants has the same definition except roughage will not be included since it is not necessary.

A supplement includes all the commercially prepared feeds which are formulated so as to be mixed with grain or corn before they can supply all the required nutrients. A premix requires the addition of a source of energy and a source of protein. The protein source, depending on the availability and price, is usually soybean meal or canola. The energy source can be any form of grain including corn, wheat, rye, barley, oats, or any combination of grains. In Canada, the most popular additions would be corn, barley, and wheat as energy sources, and soybean or canola meal as a protein source.

Micro-premixes are formulated so as to supply only the micro-nutrients such as vitamins and tracer minerals. They involve more accurate mixing and are usually not considered for on-the-farm systems.

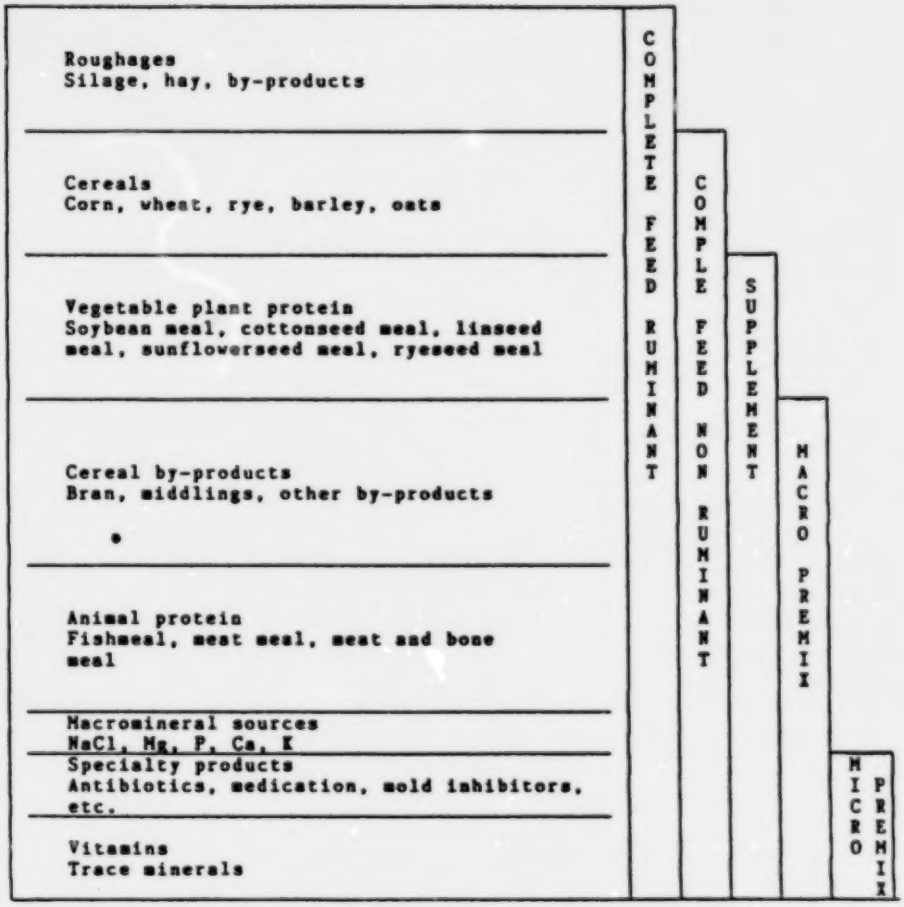


FIGURE 1 FEED CLASSIFICATION

With the above classification, various systems of feed formulation can be analyzed for costs.

BATCH VERSUS CONTINUOUS FLOW PROCESSING

On-farm feed processing can be designated as being batch or continuous. Batch processing involves a sequential series of operations comprising a cycle. The individual ingredients are weighed separately using analog or electronic scales. The ingredients are then brought together in a mixer where they are mixed in batches. Once the batch is completed, the mixer is

emptied, and the cycle is repeated. The number of cycle repetitions depends on the tonnage rate desired. In a large commercial feed processing mill, batch operations are always automated and sometimes computer controlled. Relatively small tonnage requirements (less than 500 tonnes/year) for most on-farm processing operations would not justify the expenditure of such extravagant systems.

In the continuous flow processing of feeds, the individual ingredients are metered simultaneously and continuously into a mill. The mill combines the ingredients for a specified time and then discharges the final product. Automatic and safety control features are standard requirements available on most systems. Several built in features include pressure switches, which ensure ingredient delivery to the system, and timers, which allow for thorough mixing.

The advantages of using a continuous flow system are labour related. Once the unit is set and calibrated, very little labour is required. This calibration may have to be weekly or at least every time the inputs to the system change (buying a new batch of corn). A batch unit, in turn, will require the constant presence of an operator to weigh the ingredients and operate the mill. The increased accuracy of feed ration results from the higher labour input. The amount of labour can be decreased through increased automation but not without incurring a substantial investment.

VOLUMETRIC SYSTEMS VERSUS GRAVIMETRIC SYSTEMS

A volumetric system denotes a system which brings together respective ingredients using a volume basis, such as a shovel, a pail, or a number of conveyors. The ingredients are never weighed.

A gravimetric system denotes a system which weighs the respective ingredients prior to mixing.

Early on-the-farm volumetric systems involved combination grinder/mixer units. The systems were volumetric in that a prescribed number of bags of supplement were charged into the system, after which, the operator would complete the filling of the mixer with ground grain from the grinder. The activity was time consuming and required constant labour input throughout the entire formulation process.

A newer and more common volumetric system involves a system of multiple feed conveyors, with variable speed drives, for combining numerous ingredients. The proportioning is carried out through screw conveyors. Each revolution of the screw flighting transports and discharges a specified volume of material. The rotational speed of the screw dictates the total volume of material to be handled. A certain level of ration accuracy is obtainable with the previously described volumetric systems; but, it is subject to the following analysis.

Feed formulas, as derived by nutritionists, are designed on a weight basis. The energy obtainable from a specific ingredient will be listed as «amount of energy per unit weight». The respective weight of each ingredient required to produce the balanced formulation is translated into volumetric percentages using the individual ingredient density. The operator, running the volumetric mill, uses these percentages to establish the «rate of flow» settings for the screw feeders.

To deliver the specified amount of material, the operator has made the assumption that the screw feeder will always handle the same volume of material which has the same density. Variances will occur in these assumptions and a certain level of error can result.

Table 4 lists the densities of some traditional ingredients used in animal feed manufacturing. The list shows ingredient densities in ranges rather than specific values. Barley, for example, depending upon the season or the geographical location in which it was grown, can have a significantly different density. Rainfall and level of fertilization can also greatly affect the density of barley. With a 10 per cent variation in the density of an ingredient, the ration, during volumetric blending, can vary within the same variance.

TABLE 4

INGREDIENT DENSITIES

Ingredient	Density (Kg/cu.m)	Density (Lbs/cu.ft)
Barley, Rolled	336 - 384	21 - 24
Barley, Whole	609 - 689	38 - 43
Barley, Ground	383 - 416	24 - 26
Corn Meal	609 - 641	38 - 40
Fish Meal	480 - 641	30 - 40
Oats, Ground	320 - 400	20 - 25
Soybeans, Ground	400 - 545	25 - 34
Soybean Mill Feed	400 - 432	25 - 27
Wheat, Whole	721 - 833	45 - 52
Wheat, Ground	609 - 624	38 - 39

The extent to which a storage bin is filled will also affect the behaviour of a volumetric system. A full fin, because of the increased pressure head (due to the presence of material), will densify the material being fed into the screw. It will also flow at a different rate than an almost empty bin causing the screw flightings to fill at different rates. Particle size and shape can also greatly affect the filling of a screw and, subsequently, result in a ration of decreased accuracy.

Whole grains, which are free flowing, have different flow characteristics than those encountered in meals, thus adding to the variable flowing conditions. In continuous volumetric blending, flow interruption is sometimes not noted, and the ration becomes unbalanced. This condition of «no flow» is often encountered in supplements which, being in mash (meal) form, are more susceptible to flow interruption or reductions. This decrease in quantity of supplement can have significant results on feed conversion and ultimate profit since the supplement represents the key portion of the formulation. It is, therefore, imperative to maintain flow in order to maximize ration accuracy.

Instrumentation can be incorporated to identify «no flow» conditions. It permits the system to be instantly shutdown once a stoppage in flow is detected. At this point in time, however, it is very difficult to equip a system with such preventive measures at competitive costs.

The most relevant disadvantage of a volumetric blending system is the level of ration accuracy that can be obtained. Manufacturers of these systems infer high levels of accuracy with their proportioning equipment, but very seldom guarantee a specific value.

Currently, micro processor technology is being applied to continuous volumetric blending package units. This permits high speed setting of the feed rate controls, and constant monitoring in an effort to identify variances in feed rate. Despite these added features, the inherent problem of density conversion associated with a volumetric system remains.

An alternative to a volumetric blending system is a gravimetric system wherein the ingredients are weighed before being blended together. By weighing the respective ingredients, the problems of density variance, screw feeder filling, and product flow characteristics are overcome. Furthermore, complex instrumentation to detect flow storages are unnecessary since the sequence stops automatically when an ingredient fails to flow from a bin or screw feeder.

The accuracy of a gravimetric system depends on the accuracy of the scale used to weigh the material. If the scale has

1 kg divisions and the mass to be weighed is 400 kg, the weighing accuracy would be 0.25 per cent (1/400) assuming the calibration and zero setting are correct. The ration accuracy would, therefore, be 0.25 per cent.

After weighing all ingredients, the entire batch is transferred to the mixer, where it is permitted to mix for a specific time. Each batch is mixed for the same time to ensure uniformity and consistency among the feed. The installation of an electric timer with an interlock, preventing the opening of the discharge gate before the required elapsed time, should be considered to ensure consistent mixing time.

The major disadvantage of a gravimetric system is the labour required for its proper operation unless the system is automated. An operator must be present at all times to weigh the ingredients and operate the various machinery (mixer, grinder, conveyors). The system can be automated using micro computers which, in turn, will permit the operation without direct supervision. The micro computer can be instructed to produce a specified number of batches after which it will automatically shut off. It can, in addition, keep track of the quantity of each ingredient used and report the information on request. If deemed necessary, a printer can be incorporated into the sequence producing a daily production and inventory check. This degree of automation will increase the capital expenditure significantly.

In summary, the most important disadvantage of the continuous volumetric blending system is the level of ration accuracy which can be expected. Even the most sophisticated system, equipped with high speed setting of feed rate controls and micro processor technology, can not produce a complete feed with the accuracy of a gravimetric system. Only routine and consistent calibration of the volumetric equipment can decrease the effect of the inherent errors and help produce a more accurate feed mix. On the other hand, the higher investment required in purchasing a gravimetric system compounded with high labour requirements, might render the choice unfavourable despite the increased accuracy in the mix.

ALTERNATIVE FEED PROCESSING SYSTEMS

Stationary Batch Systems

A system of this nature would be gravimetric and consist of a grinder for processing grain, a mixer, and conveying equipment to transport the material through each step of the processing procedure. The ingredients would be weighed individually and

conveyed to the equipment where an operator would run the mill. Since the equipment is sold separately, the farmer has the option of selecting the equipment size compatible with his own processing requirements. Many companies manufacture components which can be matched and used successfully as stationary batch systems. By purchasing a prefabricated matched system, the farmer eliminates the design considerations and the problems involved in sizing a system.

In selecting grinding and mixing equipment, the farmer must keep in mind the type of livestock to be fed and the formulation of the feed mixture. The following sections will aid in the selection of individual equipment used in a stationary batch system.

Grain Processing Equipment

The three main types of grain processing equipment are: hammer mills, roller mills, and burr mills.

Hammer Mills - Hammer mills are the most popular mills used in grain processing. They consist of several rotating bars or hammers, rotating at speeds of 1 500 to 4 000 rpms, spinning inside a perforated concave screen. Hammer (bar) tip speeds are commonly in the order of 3 500 - 4 500 m/min. If it is desired, speeds as low as 200 m/min, or as high as 7 500 m/min can be obtained. The lower speeds are essential if strict uniformity of grind is desired. Both electric motors and tractors can be used to power hammer mills.

The fineness of grind can be controlled through the mesh size of the perforated screen. A smaller mesh size increases the degree of fineness but decreases mill capacity and increases the power requirement. Screen sizes are available from anywhere between 1 mm and 5 cm. The larger sized screens are generally used for processing roughage. In some cases a precutter can be installed to pregrind roughage. The capacity of hammer mills is greatly affected by the moisture content of the grain. As the moisture content of the grain increases, the capacity decreases, and the grain product is usually coarser. Approximate grinding rates for hammer mills are shown in Table 5. The rates should not be used in an absolute sense, since the moisture content of the grain and the screen size are not specified. They can, however, be used in a relative manner to compare the grinding rates when using motors of different horsepower rating.

TABLE 5

APPROXIMATE GRINDING RATES FOR HAMMER AND BURR MILLS OF VARIOUS HP

		Grinding Rate, kg/hr				
Grain	Classification	1 HP	1.5 HP	2 HP	3 HP	5 HP
Barley	Coarse	136	227	272	408	635
	Fine	34	45	68	113	227
Oats	Coarse	136	204	272	454	680
	Fine	34	50	102	159	204
Wheat	Coarse	272	454	736	1088	1360
	Fine	90	102	272	385	454
Corn	Coarse	272	458	748	1134	1578
	Fine	113	136	281	408	544

ROLLER MILL CAPACITIES

	1.5 HP	3 HP	5 HP	7.5 HP
Capacity, kg/h	204	544	816	1587

The main advantage of hammer mills is their versatility. They can process several grains, including hay, simultaneously, and are not easily damaged by foreign objects. Their grinding efficiency is only slightly decreased as the wear on hammers increases. (6) One disadvantage is that the grind is not uniform in size. This can greatly affect the mixing characteristics at a later stage and cause increased segregation because of increased particle size distribution, Despite these disadvantages, hammer mills have been the most popular choice amongst farmers.

Burr Mills - Burr mills operate on a different principle. The grain is fed into the grinder where it is sheared and crushed between two iron roughened plates. A schematic diagram of a burr mill is shown in Figure 2. As illustrated, one burr is stationary while the other rotates anywhere between 1200 and 4800 rpm. The degree of coarseness is controlled

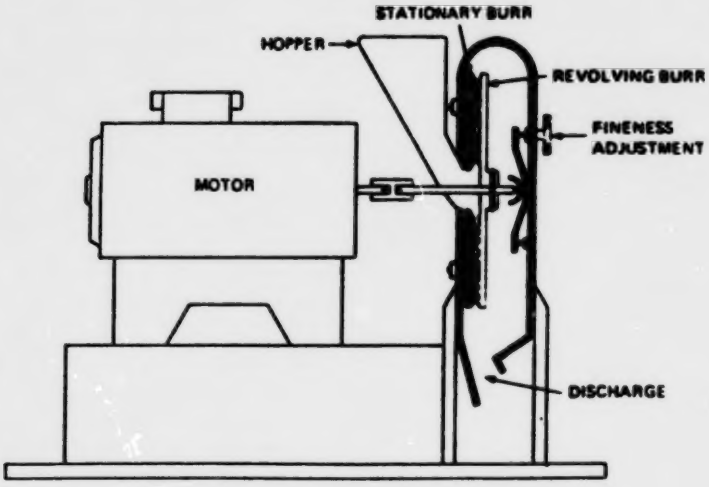


FIGURE 2 BURR MILL

by the type of plate (degree of roughness) and the plate spacing. Adjustments for plate spacing are available on most models. In this manner, fewer plates are required to generate a large range of grain coarseness.

A more uniform product can be obtained with a burr mill, but the power requirement is very high with a fine product. They are well adapted for coarse grinding, but they cannot handle high moisture grain. Unlike hammer mills, they cannot run empty since the frictional contact between the plates will cause significant wear. The efficiency of the burr mill is greatly decreased if worn plates are used.

The nature of their operation renders burr mills more susceptible to damage through foreign objects and fire. In general, burr mills require a lower initial investment, but repair costs are high since the plates wear out frequently and have to be replaced. They are the least preferred when selecting a grinder for subsequent use in on-the-farm processing.

Roller Mills - The third type of processing considered in this study is the roller mill. It is also commonly known as a crushing or crimping mill. In this mill, the roughened plates of the burr mill are replaced by two corrugated cylinders. They rotate in opposite directions to increase the efficiency of the system and can be equipped with a receiving hopper and a motor. This model can also be expanded to become portable.

The degree of fineness desired in the final grain product is controlled through the rotational speed, which varies between 300 and 600 rpm, the cylinder spacing and the number of corrugations per cm of cylinder. If a coarse grain, like corn, is used, the number of corrugations per cm can be as low as two. For small grains like wheat and oats, the humber of corrugations is usually greater than five with values as high as ten corrugations per cm not being uncommon. Concentrated corrugations are also needed for small initial grain kernels in order to ensure that uncracked grain does not pass through the mill. Table 6 summarizes the corrugations required for several different grain ingredients.

TABLE 6

ROLLER CORRUGATIONS FOR VARIOUS GRAINS

Corrugation/cm	Grain
< 2.0	Shelled Corn, Earcorn, Corn Silage
2.5 - 3.0	All Purpose Corn, Milo Soybeans Used when rolling corn for hogs and poultry
3.0 - 3.5	Oats, Barley, Wheat, Milo
4.0 - 6.0	Corn for Alcohol Production Small Kernel, Wheat, Barley, and Oats
> 6.0	Specialized Products

Compared with other mills, roller mills have the lowest power requirement for high capacities. Approximate capacities as a function of horsepower rating can be found in Table 5. The values presented should only be used for comparative purposes since the grain type and moisture content were not specified in the analysis. One advantage to roller mills is that they produce a uniform grain size with little dusting. They are, however, limited to grinding only one size of grain at a time, unless a second set of rollers is provided. They are not capable of producing pulverized grain and are easily damaged by foreign objects. Capacities are significantly lower when high moisture grain is used. Some mills, when grinding high moisture grain, operate one roller faster than the other in order to prevent material buildup inside the corrugations.

Table 7 presents a comparison of the above mentioned grain processing equipment.

TABLE 7

COMPARISON OF DIFFERENT GRAIN PROCESSING SYSTEMS

Feature	Hammer Mill	Burr Mill	Roller Mill
Instrument grinding	Hammer pivoting	Rough Plate Rotating	Corrugated Rotating Cylinders
Principle Operation	Beats Material	Shears Material	Crushes Material
Operating Speed	1500-4000 rpm	1200-8600 rpm	300-600 rpm
Power Requirement	High	Medium	Low
Grain Sizing	Fine	Medium	Coarse
Fineness Control	Screen Size	Plate Spacing Plate Roughness	Corrugation Concentration Roller Spacing
Advantages	Simultaneous grain processing Low maintenance Versatile Handles hay	Low capital investment	Low power requirement Uniform grind
Disadvantages	High power requirement Grind not uniform	High maintenance Complicated controls Does not handle hay Easily damaged Fire hazard	Can only produce a coarse product Does not handle hay Grain input must have narrow size distribution

Mixers

Once the feed formulation ingredients have been weighed and ground, they must be mixed. Proper mixing is essential to ensure a product of desirable characteristics. The physical characteristics of feed ingredients that will most likely affect the mixing characteristics are:

1. Particle size
2. Particle density
3. Particle shape
4. Texture of the ingredient
5. Moisture content
6. Electrostatic characteristics

Ground corn and soybeans have very similar physical proterties and characteristics and can, therefore, be blended with relative ease. Combining ingredients with different densities, however, could contribute to mixing problems. Ingredients with large densities will tend to flow towards the bottom of the mixer at

a faster rate and cause segregation. This phenomenon could be detrimental, since some additives could be very hazardous when present in high concentrations in parts of the feed. When mixing minerals and antibiotics (heavier densities) into feed mixes, care must be taken to provide sufficiently long mixing time to ensure thorough mixing. Overfilling a mixer, as shown in Figure 3, can also contribute to non-uniform mixing since the particles in the overfill are likely to remain stationary.

Feed mixers can be classified as vertical batch mixers and horizontal batch mixers. Continuous mixers exist, but they will not be considered in this study.

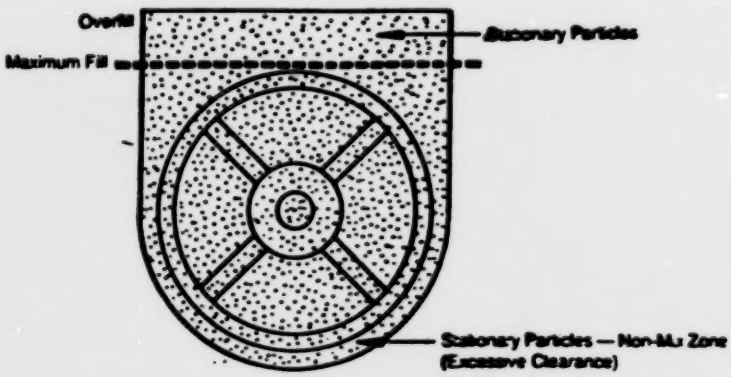


FIGURE 3 HORIZONTAL MIXER OVERFILL

Vertical Batch Mixers Vertical batch mixers are the most commonly used on small to medium sized operations. The mixer itself, as illustrated schematically in Figure 4, is in the shape of an inverted cone surmounted by a cylindrical section. A central auger(s) positioned vertically inside the unit provides the mixing. Capacities range from 1/2 to 7 tonne capacity (batch). Only a small portion of this batch is mixed at one time within the auger cylinder. The power required is, therefore, very low. About 3hp/tonne of mixer capacity are required. Batch mixing times range between 10 and 20 minutes. Most models are top or bottom loading with a side discharge.

Vertical mixers are tall and can present problems when fitted in existing buildings. They are not well adapted for the preparation of feed based on premixes and cannot handle wet or moist feed since blockages are a problem. When handling harmful ingredients, such as urea, the first 15 seconds of discharge should not be used since they will likely contain a higher concentration than required (segregation effects) and could be detrimental. One distinct advantage of vertical mixers is that complete cleanout can be obtained if a bottom discharge gate is included. This is extremely important since it greatly reduces successive batch contamination when toxic materials are present in different batches.

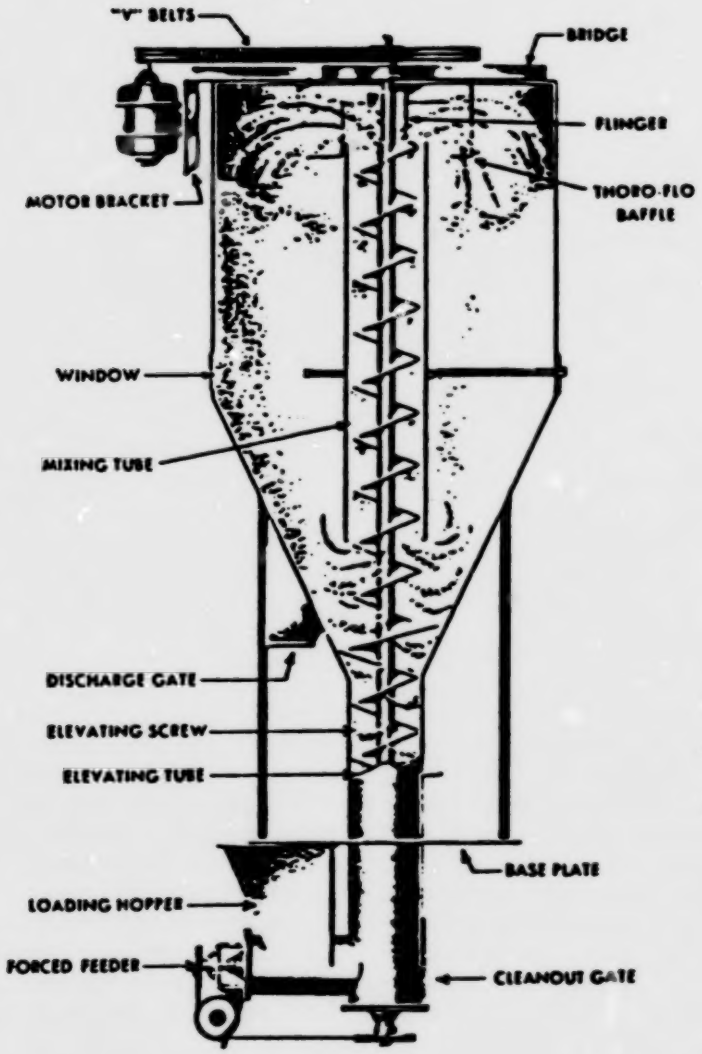


FIGURE 4 - VERTICAL MIXER

Horizontal Batch Mixers Horizontal batch mixers consist of a U shaped covered steel container. The mixing operation takes place inside this container through the use of numerous agitators revolving anywhere between 10 and 50 rpm. The positioning and intertwinning of the agitators is important in the efficiency of mixing. Spiral ribbon agitators are preferable to paddle shaped agitators and augers, even though they are more difficult to clean.

Horizontal mixers can be used in any size of operation. They are preferred when the addition of liquid feedstuffs is required in the feed formulation. Liquids can be easily added within the mixer using a distributor manifold fitted with spray nozzles. Horizontal mixers produce more uniform mixing than that encountered in vertical mixers and are, therefore, ideal for use when antibiotics and minerals have to be mixed thoroughly.

Mixing times for horizontal mixers, once the last ingredient has been added, are in the order of 5 to 10 minutes. This results in smaller mixers being required to give the same production rate as a system containing a vertical mixer. The horsepower requirement, however, will be much greater than that required by a vertical mixer. A 7 to 10 hp motor will operate a 1/2 tonne mixer with ease. The major disadvantage of horizontal mixers is that they cannot be completely emptied. Contamination from successive batches can, therefore, be very high.

Combined Grinder-Mixer Units

Most companies provide combined grinder-mixer units. These units, in their simplist form, consist of a grinder and a mixer in one compact steel frame. Figure 5 illustrates a hammer mill-vertical mixer unit. It is equipped with two inlet hoppers; one hopper leads into the grinder for grinding the cereal while the other bypasses the grinder and leads directly into the mixer. This system is not equipped with a scale and, therefore, the ingredients would have to be preweighed before being fed into the system. The preweighing process can be simplified by incorporating a weigh hopper illustrated in Figure 6. In a system of this nature, an overhead bin would discharge grain into the weigh hopper. When the desired weight is reached, the variable speed screw

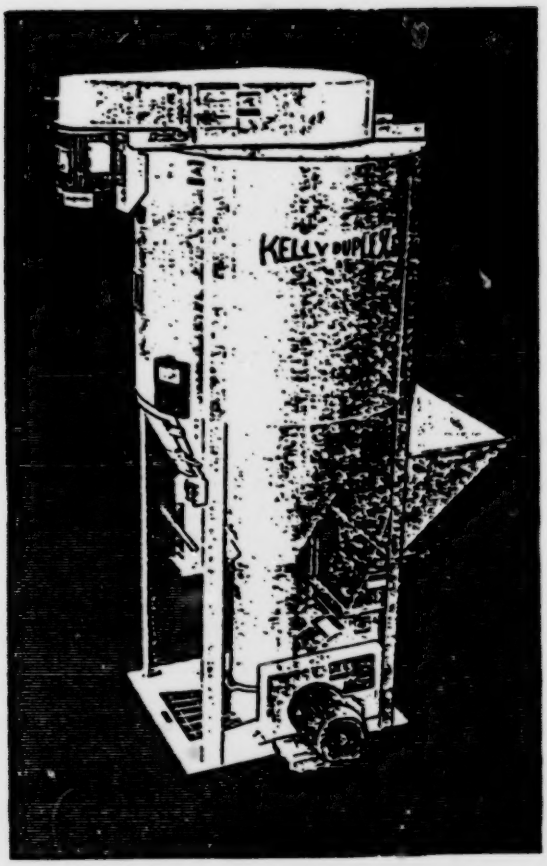


FIGURE 5 HAMMERMILL--VERTICAL MIXER UNIT
(Courtesy of Kelly Duplex)

conveyor would convey the grain to the hammer mill which would subsequently feed it into the mixer. The supplement would be added separately, by passing the grinder.

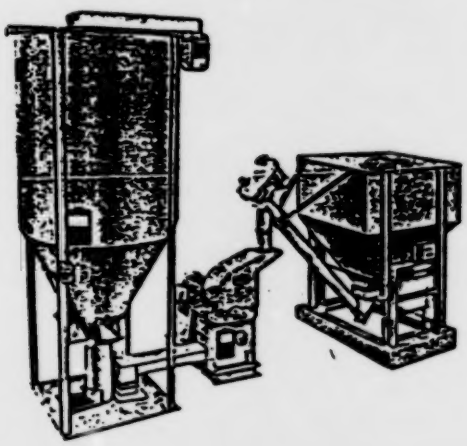


FIGURE 6 VERTICAL MIXER UNIT EQUIPPED WITH WEIGH HOPPER
(Courtesy of Kelly Duplex)

A more versatile batch system is illustrated in Figure 7. It uses a hopper scale with a scale dial. The scale dial allows the reading of the weight of each ingredient. All ingredient augers are conveniently located above the hopper scale so as to facilitate the loading procedure. A holding bin has been incorporated to retain the ground grain. In this manner, a supply of ground grain will be available should the mixer breakdown. The system, as pictured, has no automation and would require sufficient labour input for optimum performance.

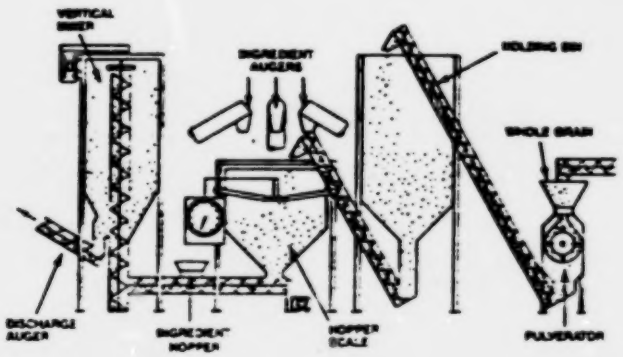
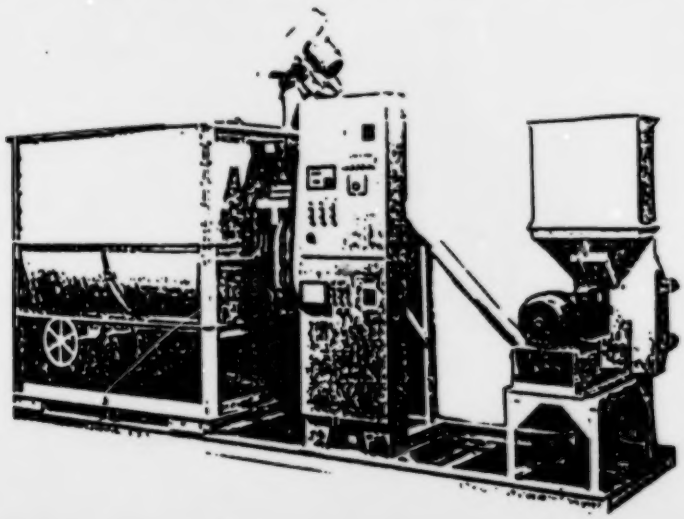


FIGURE 7 BATCH GRAVIMETRIC SYSTEM

The system illustrated in Figure 8 has replaced the vertical mixer with a horizontal mixer. Load cells have been placed between the mixer and the steel frame permitting the ingredients to be weighed directly inside the mixer. The hammer mill is installed on the same frame and a discharge conveyor feeds the product from the hammer mill directly into the mixer. A moderate level of automation has been included to reduce the labour requirement. A micro processor is located between the mixer and hammer mill. It automatically handles the weighing of each ingredient for the formulation.



If micro ingredients are required in the feed formulation, more complex systems would be required. These systems are equipped with hammermill grinders and vertical mixers, and some can accommodate four micro ingredients and handle eight. In both instances, the micro ingredients are preweighed and distributed slowly onto the auger feeding into the mixer. In this manner, a more uniform mixture is obtained. Systems of this nature are highly automated and can operate without supervision. Different formulations can be stored in the computer memory and can be recalled at an instant. Fully automated systems of this nature would incur a high initial capital investment.

The major disadvantage of any stationary batch system is the high labour requirement. An operator has to be present at all times to weigh the ingredients and operate the system. Some manufacturers provide slightly automated systems which decrease the labour requirement at an increased capital expenditure. In some cases a portable P.T.O. grinder mixer, equipped with a scale, can offer the same advantages without the added planning and design needed to match the equipment in a stationary system.

Portable Grinder-Mixers

This equipment combines feed grinding and mixing in one compact unit. The grain processing unit can be a hammer, roller, or burr mill, but roller mills are more commonly used. Hammer mills, however, provide the capability of handling hay. These units are usually trailer mounted and tractor drawn. They are P.T.O. powered, and can operate off a 40 to 60 hp tractor. Some larger units may require a 100 hp tractor. Figure 9 illustrates a typical portable grinder-mixer unit. It is equipped with a vertical mixer and a roller mill. A swing away auger feeder has been supplied for eady loading and a conventional discharge auger unloads the contents of the mixer.

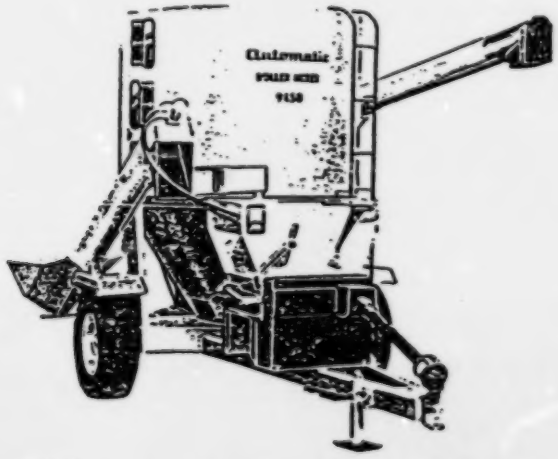


FIGURE 9 PORTABLE GRINDER-MIXER UNIT for use on hog & poultry farms. (Courtesy of Automatic Equipment Mfg.)

Ingredients are collected from a number of locations. They are weighed individually and processed simultaneously in one batch. Supplements should only be added to the mixer after 5 per cent of the volume is filled with grain. After all the ingredients are added the mixer should operate for about 15 to 20 minutes. When grain-hay mixtures are required, mixing times should be slightly reduced (10 to 15 minutes), since separation tends to occur with extended mixing. The process of collecting, grinding, and mixing feed varies for different farms depending on the location of the ingredients. On some equipment, as illustrated in Figure 10, material is fed into the system using a chain slat conveyor. A horizontal mixer has replaced the conventional vertical mixer. These changes are especially useful when handling bales of hay required in beef and dairy cattle feeding systems.

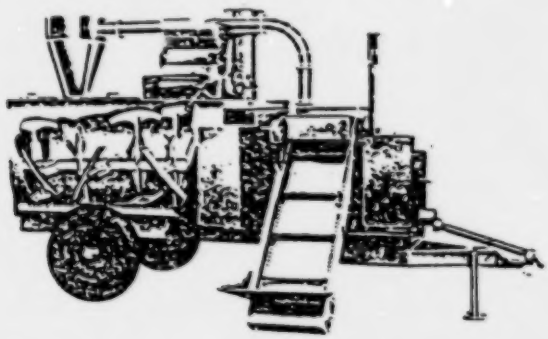


FIGURE 10 PORTABLE GRINDER-MIXER for use on dairy farms. (Courtesy of H. C. Davis and Sons)

Additional features can be obtained on compact units. Options available are a liquid-molasses attachment, magnets to collect metal objects, and added inspection windows. An extra hopper for adding protein supplement to the mixer is desirable since protein supplements should not be fed through the grinder system. Electronic scales, large hoppers, and hydraulic augers increase the reliability of the system and reduce labour and time requirements. An earcorn mill can replace the conventional roller mill. This unit shells the corn and crushes the cob ahead of the roller mill. When selecting the proper grinder-mixer system, added conveniences should be weighed against increases in capital cost.

Portability and versatility are the major advantages in purchasing this unit. It is the ideal system for farms where existing storage bins and feeding areas are widely separated.

Portable grinder mixer units are especially useful for tenant farmers as they can be transported from farm to farm. They can also be shared by neighbouring farmers in order to reduce costs. Unlike other feed systems, it can be adapted to grind and handle hay, an important ingredient in the formulation of ruminant feeds.

High labour requirements and operating costs are the major disadvantages of portable grinder-mixers. An operator and a tractor are required throughout the processing. The cost of purchasing a separate tractor for full-time use on the unit should not be overlooked. Another important shortcoming is that the breakdown of one component can halt the entire processing train. In addition to this, the storage bins will require proper unloading facilities. Good roads for solid footing in winter weather might also be necessary.

Automatic Electric Mills

The automatic electric mill is an example of a continuous flow feed processing system. This mill produces the feed by metering the requirements in the proper mixing proportions. It requires a separate means of feed delivery. A typical two ingredient system is illustrated in Figure 11. The unit

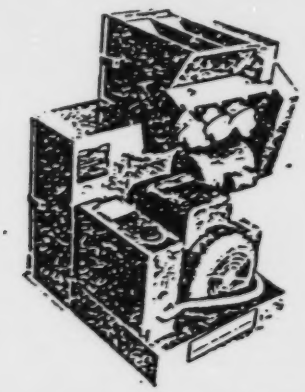


FIGURE 11 TWO COMPARTMENT AUTOMATIC ELECTRIC MILL (Courtesy of Farmatic Inc.)

consists of a two compartment proportioner located over a hammermill grinder. The proportioner is made up of two screw-feeders with variable speed drives. The rotational speed of the screw feeders is controlled through the dials located on the front of the proportioning unit. One compartment leads to the grinder, while the other bypasses the grinder to avoid unnecessary size reduction of specific ingredients. A five compartment system for handling a variety of ingredients is also available.

The throughput capacity of automatic meter mills ranges between 0.3 and 3 tonnes/hr. It is greatly affected by motor horsepower, screen size, and grain moisture content. Figure 12 illustrates the relation between screen hole size and throughput rate for motors of different horsepower rating. The grain moisture content was not specified; therefore the date should be used for comparative purposes only. The throughput rate, as indicated in Figure 12, increases with increasing screen size and increasing motor horsepower.

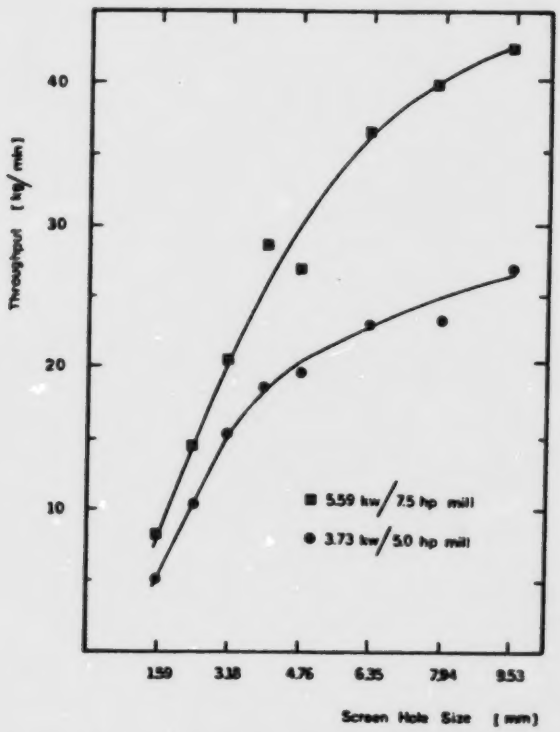


FIGURE 12 THROUGHPUT VERSUS SCREEN SIZE FOR VARIOUS MOTOR HORSEPOWERS

Figure 13 indicates that throughput capacities at the same screen size, did not establish a general trend towards higher capacity with dry grain or a high moisture corn.

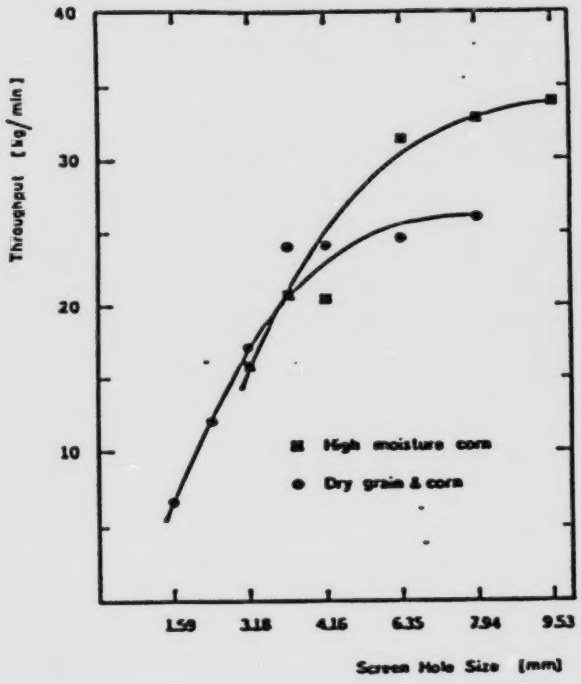


FIGURE 13 THROUGHPUT VERSUS SCREEN SIZE FOR VARIOUS GRAIN CONDITIONS

To greatly benefit from a continuous volumetric proportioner grinder, overhead storage bins should be provided to hold adequate grain and supplement. One option is where the overhead bins feed the ingredients, by gravity, into the proportioning section of the mill. Another option is to feed the ingredients to the mill through small augers from tanks and bins located at ground level outside the mill building. The discharge feed hopper, however, should be replaced by a complete feed storage bin. This will ensure feed availability when equipment malfunction occurs or maintenance is required.

Most mills are equipped with add-on features. The most important of these are the pressure switches which automatically shut-down the mill when an ingredient has run out. Control options, such as timers and pressure switches, are also available to shut down the operation when the desired amount of feed has been processed.

The major advantages of automatic mills are unattended operation and low labour cost. Operating costs are also significantly lower since only a small motor is required. The systems require very little space and can be stored in existing buildings. Repair costs are low and operation is very reliable.

Electric mills seldom handle hay and, therefore, can not be used if ruminant feeds are required. Considerable planning

is also required before the system is set up. Ingredient storage must be convenient to the mill in order to take advantage of the automation. Its adaptability to an existing storage system is difficult if distances are too great. The greatest disadvantage of the system is that it is monitored through volumetric flow. This produces inconsistent feed mixing because of density differences in different ingredient batches. If the system is carefully calibrated on a routine basis, this problem can be partially overcome. Gravimetric electric mill systems are presently being designed by several manufacturers. They minimize the problem of inaccurate feed mixing at an investment triple to that required for a conventional volumetric system.

STORAGE EQUIPMENT

CEREAL AND PROTEIN STORAGE

Steel Storage Bins - Steel storage bins are usually circular and can range anywhere between 3 and 400 tonnes in capacity. Since they are made of steel, they are fire-resistant and rodent-proof. Most of them can be easily fitted with a perforated bottom for drying. Rectangular structures can be constructed for storage purposes, but the walls should be reinforced. Inward sloping side walls are advantageous as they enhance flow when the bin is being emptied, and additional structural reinforcement may not be necessary. Grain removal from rectangular bins can be mechanized but not to the extent available in circular bins. In any case, all steel structures must be properly anchored to minimize wind damage. They must also be filled and emptied from the centre to prevent the walls from buckling. Ground level flat bottomed bins, pictures in Figure 14, are ideal for grain storage. They are the cheapest steel storage structure available.

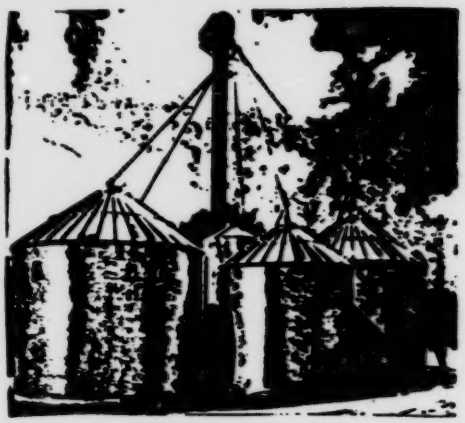


Fig. 14 Ground Level Flat-Bottomed Bins

Ground level hopper-bottomed bins are usually used for soybean meal (protein source), but any grain, feed, or concentrate can be stored in them as long as it is required in small amounts. A typical hopper bottomed bin is illustrated in Figure 16. It costs two to three times as much as a flat-bottomed bin and should, therefore, never be used to store large grain tonnages. This bin should be designed for the weight and flow characteristics of the material. The differences in design appear in the unloading

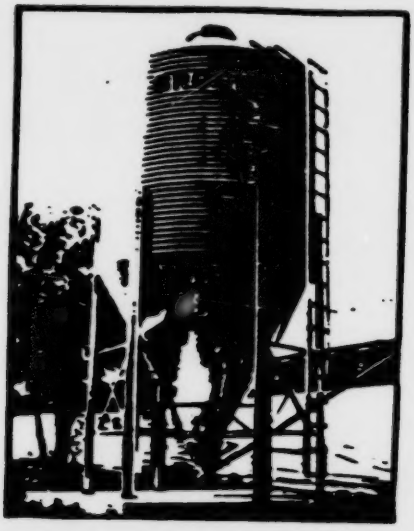


Fig. 15 Hopper-Bottomed Bin
(courtesy of Brock
Manufacturing Inc.)

system. Two unloading systems exist for these bins: center draw-off and side draw-off (Figure 16).

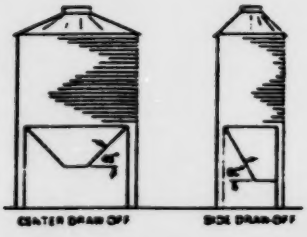


FIGURE 16 TWO TYPES OF HOPPER-BOTTOMED BINS

Grain storage can be accommodated with either type of design as long as the slope of the discharge hopper is at least 45 degrees. If soybean meal or molasses containing feeds are in question, a discharge hopper slope of at least 60 degrees will be required to enhance free flow. The increase in angle can be avoided if mechanical anti-bridge devices are inserted in the bin. This type of mechanical instrument consists of chains hanging on an upright rotating pipe. Vibrating devices have been tried, but were proved ineffective in preventing bridging. The major disadvantage of side draw-off hoppers is that all the weight is felt on the side wall rendering their maximum capacity to 20 tonnes. Complete rations have better flow characteristics than soybean meal, but they should still be stored in 60 degrees discharge hoppers.

Hopper-bottomed bins are justified for bins that are emptied and refilled many times. They can also be used when complete clean-out is needed. Complete clean-out is used in bins where two different ingredients have to be stored sequentially. In this manner, contamination amongst ingredients is eliminated. It also assures the use of fresher materials as no stale carry-over from sequential batches is evident.

Overhead bins are most convenient for storing processed feed or supplying ingredients to a processing system by gravity. They are about twice the cost of hopper-bottomed bins per tonne capacity. Because of this tremendous initial investment, their justification should incorporate labour savings and increased feed efficiency. In most instances, they are used in conjunction with another storing facility. For example, grain can be unloaded into a flat-bottomed «storage» bin, and, as it is needed for processing, it can be augered to an overhead «working bin». When using a volumetric meter mill, overhead bins can be used to feed ingredients directly into the proportioning mills.

Steel storage bins should be protected when used for the storage of acid treated grain. The interior can be coated with special paint or sealed with a plastic liner. Corrosion in steel bins can also be reduced by coating the interior of the bin with epoxy. This is usually done in operations where minerals like calcium, phosphorous, and salt are stored. All the additives required for rendering a bin corrosion-resistant are commercially available.

Wooden Storage Bins - Wooden storage bins can have limitless geometrical configurations; however, circular bins offer the most convenience. Designs approaching rectangular geometry cannot be fully automated and, therefore, require additional manual labour for loading and unloading. In circular and

arch-roof structures complete mechanization is available. If additional strength is required, wooden bins can be fitted with metal supporting frames.

The only advantage of wooden bins is the low capital investment required. They have a much lower life expectancy and require more maintenance than conventional steel bins. Fire presents a tremendous hazard, and grain losses due to rodents can be considerable. Wooden storage bins are, therefore, not recommended even if the investment they incur is low.

Silage Storage - Silage is one of the basic ingredients of ruminant feeds. It can be stored in horizontal bunker silos, upright silos (non oxygen-limiting), oxygen limiting silos, and double-bag storage systems.

Horizontal silos are common because they require the least amount of additional equipment for filling and feeding. They can be constructed from earth, concrete, or wood. They can consist of a simple trench cut into a hillside, or two concrete retaining walls supported by buttresses. In either case, a concrete floor is preferred since it provides for easier unloading. The concrete retaining walls can be replaced by preservative treated wood. The inside layer of the wood should be covered by polyethylene to provide a sufficient air seal. Horizontal silos are least expensive to build and do not require a blower for filling. Storage losses, however, can be as high as 20 per cent, and little mechanization is available. A large ground area for building the silo is also required.

Upright or tower silos are usually constructed from concrete poured in place or from a precast stave silo held together by steel hoops. Wood stave upright silos are available at a lower cost, but they are not as effective. Losses can be retained to within 10 per cent with proper maintenance. The basic advantage of upright silos is that mechanized loading and unloading systems can be incorporated with ease.

Oxygen-Limiting Storage - An oxygen limiting silo is an upright structure that is gas-tight. The silo is equipped with a separate breathing system involving a controlled internal atmosphere. This means that the ensiled material can be stored with minimum loss and spoilage.

Whole plant forages and grains go through various phases of fermentation. As the material ferments, it uses up oxygen and produces carbon dioxide. The internal atmosphere, therefore, becomes one of high carbon dioxide concentration. Spoilage is prevented since the material is surrounded by an oxygen-free

environment. Sealing the structure properly is of primary importance in order to avoid excessive contact with oxygen.

In addition to proper sealage, pressure equalizing equipment is required since pressure changes occur through the use of the silo. As the silage is removed from the bottom of the silo, a pressure vacuum is created above the mass. This can cause the side walls of the silo to buckle. Large temperature changes can also affect the pressure inside the silo through the expansion and contraction of the bases.

Various different methods are available for equalizing the pressure inside a silo. Most silos are equipped with a two way pressure relief valve, shown in Figure 17. The two way valve allows gas to escape if the pressure increases to high and, air to enter, if a vacuum forms.

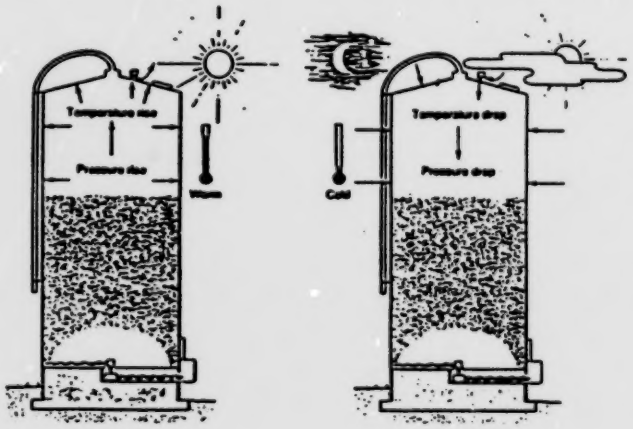


FIGURE 17 TWO WAY PRESSURE RELIEF VALVE FOR SILO OPERATION

Some manufacturers equip their silos with secondary «breathing» systems in order to further minimize the contact with atmospheric oxygen. One particular system involves the use of large plastic bags suspended from the inside of the roof of the silo. This is illustrated in Figure 18. The bags inflate and deflate to accommodate the encountered differences in pressure.

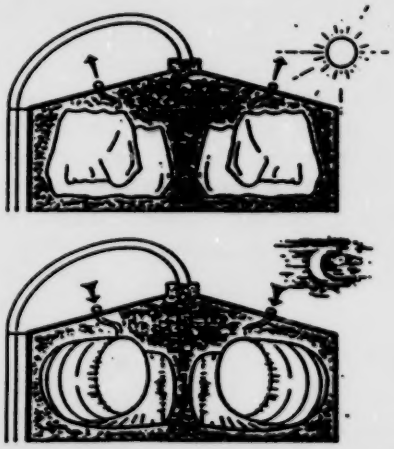


FIGURE 18 SECONDARY BREATHING APPARATUS SUSPENDED UNDER SILO ROOF

Another variation, illustrated in Figure 19, locates the breathing bags in the foundation of the silo floor. The breathing bags can be replaced by a series of air chambers as pictured in Figure 20. These chambers are connected, through piping, to the top of the silo. The gases above the silage can travel to and from the chambers to compensate for pressure differences. The basic advantage of the breathing systems is that less oxygen comes into contact with the material inside the silo.

FIGURE 19 SECONDARY BREATHING APPARATUS LOCATED IN SILO FOUNDATION

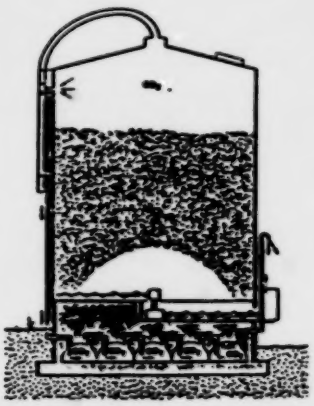


FIGURE 20 AIR CHAMBER BREATHING SYSTEM LOCATED IN SILO FOUNDATION

Three basic materials are used in the construction of oxygen limiting silos; steel, concrete, and fiberglass. The steel used is stainless, galvanized, or aluminized. The sections are bolted together with a sealing compound between the joints to ensure an airtight seal. The inner portion of the silo is coated to prevent corrosion from the moisture inside. Concrete silos are also available in prefabricated sections. They can also be cast in place. One problem associated with concrete silos is that concrete is not a complete gas barrier. Diffusion of carbon dioxide and atmospheric air will occur through the concrete unless an epoxy coating is applied to the inside. Recently, precast concrete stave walls have been used in conjunction with a gas-tight liner for constructing silos. Fiberglass constructed silos decrease corrosion and eliminate problems associated with other materials, but, at the present time, are not competitively priced.

The sealed double bag storage system can be used to store haylage and high moisture grains. This type of system can save the cost of purchasing additional storage for existing systems. Instead of purchasing an additional silo, the above mentioned feeds can be stored in plastic bags of 110 tonne capacity.

The primary advantage of oxygen-limiting storage is that it provides an environment which reduces the extent of deterioration of high moisture feed ingredients. In this manner, high moisture grains, such as corn and barley, can be stored without incurring the cost of drying. This could be very advantageous if large crops are harvested. Losses can be limited to within 5 per cent. The initial capital expenditure required, however, is very high and must be spread over a large operation.

Silo Location - Silos of all types should be located close to the feeding area in order to minimize the cost of conveyors. When more than one silo is required, a minimum distance of one silo diameter should be maintained between them. This will ensure adequate room for loading and unloading purposes. It will also prevent the earth below from subsiding because of the increased weight load in the heavy foundations. Since automatic feeding from horizontal silos is not applicable, their location is relatively random. However, feeding efficiency increases if they are maintained close to the ruminant feeding area. The above suggestions on the location of silos should be followed when designing a feed system from scratch. If existing facilities are to be used, additional conveying equipment can not be avoided.

THE EXCEPTIONAL

Pelleting

For the past 30 years, feed manufacturers have provided livestock producers the option of obtaining feed in meal or pellet form. The advantages of pellets are nutritional improvement, reduced dusting, improved handling, and decreased segregation. Increased feed efficiency, increased energy availability, and improved daily gain have included pelleting as a possibility for large on-the-farm feed operations.

Recent tests on the advantages of pelletized feed were carried out quantitatively. The results indicated that pelletized feeds increased the feed efficiency in hogs by about 2 to 5 per cent. This range of percentages varies with the ingredients. This slight increase is probably due to increased digestibility and/or

decreased feed wastage. No significant change was noticed when layers were fed pelletized feed.

It would appear, from the above results, that pelletizing feeds on the farm is not cost effective. It would be difficult to justify the pelleting of corn-soybean rations even under ideal management situations. Using pelleted feeds is best left as a choice when purchasing complete feeds from a manufacturer.

Roasted Soybeans versus Soybean Meal

All animal feeds require a source of protein. Most farmers who produce their own feed have been using soybean meal as this protein source. In numerous situations, a farmer would grow his own soybeans, sell them to a processor, and then buy them back as soybean meal for about $18 to $60 more a tonne. What he was buying back was inferior because the processing procedure removed valuable oil, soy lecithin, and fat. Nutritionally, one tonne of whole soybeans is equivalent to one tonne of 44 per cent soybean meal and a half tonne of corn. Biologically, an even greater amount is required for an equivalent.

The farmer was forced to do this because raw soybeans could not be fed to the animal for various reasons. They contain two toxic enzymes, urease and lipoxidase. When urease is combined with urea, it promotes its hydrolysis to ammonia which is the root of the toxic condition. Lipoxidase is a powerful oxidation agent which when left in raw beans accelerates the oxidation of nutrients and retards growth.

Research started in the late sixties and early seventies has indicated that proper heat application (cooking) to soybeans deactivates both enzymes and removes the bitterness from the raw beans. It provides the bean with a nutty flavour making it available in convenient sizes to be used for on-farm processing. It, therefore, eliminates the processing step for farmers who have their own soybeans have been forced to do.

Experiments have shown a range of positive results. In some cases, the saving was about 1 dollar ($1.00) per kilogram of gain. Hogs have gained 4 per cent faster on 10 per cent less feed, and dairy farms have mentioned a 10 per cent increase in production when cooked soybeans replaced soybean meal.

A complete system equipped with cleaner, augers, and motors has an installed cost of about $14,000. The capacity of the unit is 680 kg/hr for soybean and 450 kg/hr for corn. When

deciding on a unit of this type, the farmer should weigh the direct cost savings against the capital investment involved for the unit, and the added management involved in the unit's operation. The unit must pay for itself. It will not produce the above quoted results unless it is used properly with proper management.

The major disadvantage of the unit, a quality control procedure, is the test that has to be conducted to ensure that all the enzymes have been deactivated. To-date, the test is very crude. It involves placing cooked beans in a container and adding urea. After waiting fifteen minutes, the farmer would sniff the mixture for the scent of ammonia. If the urease was not deactivated, an ammonia odor would prevail. Lipoxidase is destroyed at about the same temperature as urease, and a separate test for its presence is not required.

Not only is the test crude, but it is very subjective and will not detect traces of urease. It is up to the farmer to decide whether a slight scent of ammonia dictates a level of urease which is too high for consumption.

Manure Processing and Methane Production

Poultry producers having farms of 100,000 birds or larger can realize significant savings from manure processing. The profit involved is in collecting the methane gas produced from the manure. The methane generated can be used to heat poultry houses, and the dried manure can be sold as a protein source. The system itself would include an input digester tank, a bio-gas production unit, and a feed recovery unit. The costs of such a system has been estimated at about $230,000. Fixed costs, including chemicals, fuel and electricity, would be in the order of $56,000. Estimates show that the process could pay for itself in two years by generating $170,000 in bio-gas generation and protein cake sales. The process itself is not a solution to the manure disposal problem since manure storage and disposal are still required.

FEASIBILITY ANALYSIS

The decision as to whether or not to implement on-farm processing depends on the total cost of producing feed on the farm. If a farmer can produce feed on the farm at a lower cost than the one which is commercially available, he should consider investing in a feed processing system. Other factors

which could influence his decision are the return on investment (R.O.I.) and the payback period on the capital investment. Options involving the investment of capital on other alternatives, such as increasing livestock numbers, might yield a higher return per invested dollar, but will not be considered in this study.

In the following analysis, a step-by-step guideline is provided which will enable farmers to fully assess the situation and decide whether to produce feed on the farm. A general procedure was deemed more favourable since many variables involved in such an analysis (equipment costs, ingredient costs, transportation, fuel costs, ingredient availability) differ across Canada. The guideline is presented in the form of Tables and Figures which can be used by the individual farmer for his particular situation. A description of how to conduct the feasibility study is presented, along with a sample calculation, in the subsequent sections.

Economic Evaluation

Any economic evaluation for a feasibility study of on-the-farm processing must begin with a calculation of the annual tonnage requirement. This can be done using Table 8. Multiplying the feeding requirement per head of livestock by the number of livestock will provide the annual requirement. Suggested values of feeding requirements are available in Table 2. These have been based on a medium level of feeding efficiency and should be adjusted if the feed delivery system does not provide the same level of efficiency.

The core of the economic evaluation consists of the completion of Table 9. It involves the calculation of the feed system operating costs, and compares them to the difference in price of purchasing ingredients for feed and buying complete feed. A comprehensive description explaining the procedure and the assumptions to be used in completing the Table is now presented.

1. Complete Feed Price The reason for considering on-farm processing for livestock feed is to produce feed at a lower cost than purchasing it from a manufacturer. It is, therefore, important to obtain the lowest possible commercial cost of feed for purposes of a valid comparison with on-farm processing. Considerable research is required to obtain this price. A farmer should contact several feed companies or suppliers to obtain the best available prices including discounts and delivery.

TABLE 8

ANNUAL FEEDING REQUIREMENTS

	Type of Livestock	Number		Feed/Head/Year kg/Year		Total kg
1.	Sows	40	X	1100	=	44,000
2.	Market Hogs	900	X	280	=	252,000
3.			X		=	
4.			X		=	
5.			X		=	
	TOTAL REQUIREMENT KG/YR					296,000
	OR					
	TOTAL REQUIREMENT TONNES/YR					296

TABLE 9

ECONOMIC ANALYSIS

1.	Complete Feed Price ($/Tonne)	$248.50	
2.	On-Farm Feed Price ($/Tonne)	$221.60	
3.	Quality Factor 1.06		
4.	Pelletizing Factor 0.98		
5.	Adjusted On-Farm Feed Price ($/Tonne)	$213.32	
6.	MARGIN ($/Tonne) Line 1 - Line 5	$35.18	$35.18
7.	Feed System Capital Cost ($)	$21,030	
8.	Storage System Capital Cost ($)	$11,880	
9.	Total Investment Line 7 + Line 8	$32,910	
10.	System Operating Costs ($/Tonne)	$19.35	
11.	Storage Operating Costs ($/Tonne)	$ 3.62	
12.	Total Operating Costs ($/Tonne) Line 10 + Line 11	$22.97	$22.97
13.	Savings ($/Tonne) Line 6 - Line 12		$12.21
14.	Return on Investment (Line 13 X Tonnage ÷ Line 9) X 100% $\frac{12.21 \times 335}{32910} \times 100\%$		12.43%

*The figures presented in this table are for the purpose of example and may not reflect individual results. A blank form is available in the appendix.

The farmer must also study the option of volume discounts. Some manufacturers will provide additional discounts if a certain tonnage of feed is purchased. Contract prices should also be considered since manufacturers may offer even lower prices if business is guaranteed for an extended period of time.

Grain Banking is an option available to farmers who grow their own grain and should be investigated. In this arrangement, the farmer transports his grain to the mill and the manufacturer produces feed using the farmer's grain. The farmer is subsequently billed for the supple ental additives and the cost of drying the grain. When calculating a complete feed price based on this method, the farmer should add the market value of his grain, and the transportation costs, to the price quoted by the manufacturer.

Once the farmer has investigated all the available options of obtaining complete feed, he should enter the lowest value in Line 1 of Table 9.

2. On-Farm Feed Price In view of the feed classification presented earlier in this study, a farmer has numerous options of manufacturing feed on his farm. He can purchase a supplement and add corn, barley (or another grain), high moisture grain, or a combination of the above. He also has the option of purchasing a premix and adding various protein and grain ingredients. In many instances, animal producers grow their own grain. This can be advantageous in the preparation of feed for their herd. The economic benefits are that the farmer saves the cost and trouble of transporting his grain to the market.

Table 10 can be very helpful in calculating the on-farm feed ingredient cost. If the ingredient is bought in sufficiently large quantities so as to allow for bulk purchases, a $10/tonne transportation surcharge should be included. If bagged products, such as minerals which rarely justify bulk purchase (25 to 50 kg/tonne of feed), are to be bought, a $15/tonne transportation surcharge should be added. The actual costs may vary across Canada and should, therefore, be confirmed for each situation. Farmers using their own grain should include the market value of their grain in the calculation, but they do not have transportation charges. Grain drying costs should be included where applicable. A value of $15/tonne is suggested but should be confirmed. Additional transportation or drying costs should not be ignored.

TABLE 10

INGREDIENT COSTS

	Ingredient	Price $/Tonne		Quantity/Tonne of Feed (Tonnes)		Cost ($)
1.	Premix	508	x	0.050	=	$ 25.40
2.	Soybean meal	315	x	0.135	=	$ 42.52
3.	Corn	161	x	0.815	=	$131.20
4.			x		=	
5.			x		=	
6.			x		=	
	Drying Cost: Quantity/Tonne	0.815 x $15			=	$ 12.23
	Bulk Transport: Quantity/Tonne	0.95 x $10			=	$ 9.50
	Bagged Transport: Quantity/Tonne	0.05 x $15			=	$ 0.75
	TOTAL COST (1 Tonne):					$223.60

*The figures printed in this table are for the purpose of example and may not reflect individual results. A blank form is available in the appendix.

3. Quality Factor A quality factor was incorporated into the study to provide for the nutritional and biological equivalence of feeds. To obtain a value for a quality factor, animal feed nutritionists should be consulted. They should compare, if possible, the formulation of both the commercially available mixture and the proposed on-farm product. The complete feed would define the quality basis and receive a rating of 1.00. The nutritionist could then rate the nutritional and biological equivalence of the proposed feeds. This rating could be greater or less than 1.00. Feeds manufactured with the addition of corn, for example, might receive a rating of 1.06 since corn has a low fiber and high energy content. If barley replaced corn as the grain used for feed formulation, the rating could drop to 0.93. Using high moisture corn would also lower the previous rating of 1.06 since a correction for moisture would have to be included. The final price of the on-farm processed feed would be obtained by dividing the feed ingredient cost by the decided quality factor. In this manner, the nutritional value of both commercial and on-farm prepared feeds is included in the feasibility study.

Some manufacturers, who provide complete feeds and supplements, could supply the farmer with nutritional quality factors comparing their complete feed to an on-farm feed manufactured using their supplement. In this manner the additional cost and effort of consulting a nutritionist may be avoided.

The quality factor discussed above incorporates the nutritional aspect of feeds and does not include allowance for inconsistent mixing or feed formulation sometimes encountered in on-farm operations.

4. Pelletizing Factor Studies have indicated that pelletized feeds can be advantageous when fed to certain livestock. Hogs, especially, have indicated a 3 to 4 per cent increase in gain for similar feed intake. Mash on-farm processed feeds would obtain a rating of 0.95 to 0.99 when compared to pelletized commercial complete feeds. Pelletized layer feeds have not produced significant improvements over mash feeds. The pelletizing factor can, therefore, be ignored when layer feeds are in question. If pelletizing is used on the farm, the pelletizing factor should be ignored unless the on-farm feed is compared to a mash commercial complete feed. In this instance, when hogs are considered, the rating would be greater than 1.00 (1.01 to 1.04).

5. Adjusted On-Farm Feed Price The adjusted on-farm feed price is obtained by dividing the on-farm feed price (Line 2) by both quality and pelletizing factors. In this manner, the nutritional and pelletizing aspect of both commercially prepared feeds and on-farm feeds is included.

In most instances, a farmer producing feed on the farm would be using more than one type of ration. In this particular instance, the ingredient costs may vary significantly between rations. When hogs are considered the farmer might want to produce a separate starter, grower, and finishing feed. The total ingredient cost, under such circumstances, should be the weighted average of all the rations. The following calculation clarifies this point.

FORMULATION	COST/TONNE	TONNES/YEAR
Starter	$245	80
Grower	$191	130
Finisher	$206	90

$$\text{TOTAL COST: } \frac{\$245(80) + \$191(130) + \$206(90)}{80 + 130 + 90} = \$209.90$$

(Values are selected for purposes of illustration only).

6. Margin The margin is calculated by substracting the adjusted on-farm feed price from the complete feed price.

7. Feed System Capital Cost A proper economic analysis requires information on the capital investment associated with the various processing alternatives. The capital cost should include:

- equipment cost
- installation charge
- additional building expenses

When considering equipment costs, the expenditure required for augers and conveyors should be included. If molasses, for example, is required in the on-farm feed formulation, the cost of a molasses manifold and additional molasses handling equipment should be included. The processing equipment should be selected so as to accommodate the type of feed formulation required. If the feed to be processed on the farm will require the addition of vitamins, the mixer in the processing unit should be chosen to handle proper mixing of small concentrations. Additional equipment required for such circumstances should also be included in the costing.

8. Storage System Capital Cost The final capital investment to be considered when manufacturing feed on the farm is that of storage. Storage requirements should be sized as

the larger of three weeks production requirement (per ingredient) or three tonnes (per ingredient). If the farmer wishes to take advantage of bulk delivery prices, he must find out the minimum bulk delivery tonnage and size his storage accordingly. Having a large grain storage bin may be advantageous since the farmer can take advantage of seasonally depressed prices and stock up on a specific ingredient.

In most instances, storage bins for two ingredients will be required. When a supplement based feed is being produced, bins for the supplement and grain will be required. When using a premix, a bin for grain and a protein source will be required. If the annual tonnage capacity of the farm is sufficiently high, a bin for the premix could be used. Otherwise, it can be stored in bag form in existing facilities. Storage for the final product should also be considered since it ensures the availability of feed when equipment breaks down. This can be overlooked if the farmer decides to use commercial prepared feed if his equipment breaks. Storage facilities should be sized and designed in co-ordination with the processing alternative selected. When using a meter mill, for example, additional bins (working bins) may facilitate processing.

When considering the costs of storage systems, the installation costs should be included when entering a value on line 8. The cost of additional augers and conveying equipment should also not be ignored.

9. Total Investment The total investment is obtained through the addition of the feed system capital cost and the storage costs. Any incurred or expected consulting should be added to the above total.

10. System Operating Costs The system operating costs involve both the annual fixed costs and the variable operating costs. The annual fixed costs can be estimated as follows:

Depreciation:	10 per cent of original value for equipment. Straight line depreciation and zero salvage value should be assumed.
Repairs:	3 per cent of capital investment annually.
Interest Costs:	Half of the capital investment multiplied by the current lending rate.

Insurance: 1 per cent of total investment.

Once the annual fixed costs are calculated, they should be divided by the annual tonnage in order to obtain the annual fixed costs per tonne of feed.

The variable or operating costs are a direct function of the processing system selected. The variables which best describe the operating costs are: labour, fuel, lubricant, and electrical costs. Of these, the labour requirements are the most difficult to quantify. When using a portable grinder mixer, approximately 30 to 40 minutes (per batch) are required for set-up, mixing, grinding, and routine equipment maintenance. Collecting ingredients also requires a sufficient amount of time. This should be estimated as accurately as possible by running through the routine of collecting ingredients. Usually 45 to 50 minutes are required for collecting ingredients and unloading the finished product. The total labour involved for such a system can be safely considered as 90 minutes per batch if actual estimates cannot be carried out.

When considering a stationary electric mill, the labour costs are small. Since the unit is automated, the only labour required is that of routine maintenance (which inlcudes calibration) and equipment start-up. The time required is estimated at 3 hours per week (156 hours per year) regardless of the tonnage processed. The labour can, therefore, be considered in the annual feed cost. When large tonnages are required (above 300 tonnes per year), the labour requirement (in hours) should be increased by 3 per cent for each 100 additional tonnes. This should cover the additional maintenance and calibration required for handling large quantities.

The labour requirement for stationary batch systems varies greatly depending on the degree of automation. If the system is fully automated the labour would be about half that required to operate an electric mill, since calibration would not be required. Lack of automation can increase the labour costs significantly. Stationary systems with horizontal mixers will require about 20 minutes per batch. Vertical mixer installations will require about 30 to 35 minutes per batch.

The calculation of operating costs should be conducted quantitatively following these suggestions:

- Labour : Cost of labour per hour multiplied by the number of hours required per tonne of feed. The required hours per tonne of feed can be obtained by dividing the hours per batch by the capacity of the mill. (Tonnes/batch)

$$\frac{\$}{hr} \times \frac{hrs}{batch} \div \frac{tonnes}{batch} = \frac{\$}{tonne}$$

- Fuel: Consumption (litre/hour = 0.366 X tractor maximum P.T.). (kw). The consumption multiplied by the cost of gasoline provides the cost per hour. A propane powered tractor requires 20 per cent more fuel, and diesel tractor uses 25 per cent less. Cost of gasoline was taken as $0.53/litre. (Note: the tractor operates for 90 minutes/batch at 75 per cent power).

$$\frac{\$}{\text{litre}} \times \frac{\text{litre}}{\text{hr}} \times \frac{\text{hours}}{\text{batch}} \div \frac{\text{tonnes}}{\text{batch}}$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\$}{\text{tonne}}$$

-Lubricant: 2 per cent of fuel cost.

- Electrical: The cost of electrical power was estimated as follows:

$$\frac{1.60 \times \text{motor kw} \times \$\text{kwhr}}{\text{tonne/hour}} = \frac{\$}{\text{tonne}}$$

The annual fixed costs ($/tonne) should be added to the variable costs, and the final value should be entered on line 10 of Table 9.

Table 11 illustrates the breakdown of fixed and variable costs for several systems, while Table 12 tabulates system operating costs for several annual tonnages. The number were calculated based on the following assumptions:

Cost of labour:	$10.00 per hour
Cost of fuel:	$ 0.53 per litre
Cost of electricity:	$ 0.05 per kilowatt hour

P.T.O. system requires 90 minutes of labour per batch.

Stationaly system requires 20 minutes per batch.

A graphical representation of the calculations is illustrated in Figures 21 and 22. If the above assumptions correspond to the individual farmer's situation, the values in Table 12 or Figure 21 and 22 can be used directly; otherwise, the Table should be filled in for the particular system required.

TABLE 11

ECONOMIC EVALUATION OF ALL PROCESSING SYSTEMS

Cost Classification		Systems				
		Stationary Batch System	Portable Grinder-Mixer Volumetric	Portable Grinder-Mixer Gravimetric	Automatic Electric Mill Volumetric	Automatic Electric Mill Gravimetric
Capital Investment	Equipment	18 310	13 123	16 243	9 375	27 250
	Installation	2 720	-	-	1 406	4 087
	Building	-	-	-	-	-
$	Total	21 030	13 123	16 243	10 781	31 337
Annual Fixed Costs Ownership Costs	Depreciation	2 103	1 312	1 624	1 078	3 134
	Labour	-	-	-	1 560*	1 560*
	Repairs	631	394	487	323	940
	Interest	1 367	853	1 056	701	2 037
	Insurance	210	131	162	108	313
$	Total	4 311	2 690	3 329	3 770	7 984
Capacity		0.7 tonnes per batch	2.5 tonnes per batch		continuous (0.3-3 tonnes/hr) (average 1 tonne/hr)	
Operating Costs Variable Costs	Labour	4.76	6.00	6.00	-	-
	Fuel	-	2.60	2.60	-	-
	Lubricant	-	.05	.05	-	-
	Electrical	0.22	-	-	0.45	0.45
$	Total	4.98	8.65	8.65	0.45	0.45

* Labour taken as fixed cost.

106

*The figures presented in this table are based on actual quotes on equipment at the time of writing and certain assumptions detailed in the economic analysis description. This provides an economic comparison of the different systems at one location at one point in time and should be used for comparison purposes only.

TABLE 12

FEED SYSTEM COSTS FOR SEVERAL TONNAGES

Tonnage Tonnes/Yr	Feed System Costs, $/Tonne				
	Stationary Batch System	Portable Grinder-Mixer Volumetric	Portable Grinder-Mixer Gravimetric	Automatic Electric Mill Volumetric	Automatic Electric Mill Gravimetric
75	62.46	44.51	53.04	50.71	106.90
150	33.72	26.58	30.84	25.58	53.67
300	19.35	17.62	19.75	13.02	27.06
600	12.16	13.13	14.20	6.93	13.99
1200	8.57	10.89	11.42	3.94	7.45
2400	6.78	9.77	10.03	2.43	4.19

* These figures relate the comparative costs of the different systems based on different annual production levels. These figures should be used generally for comparison purposes.

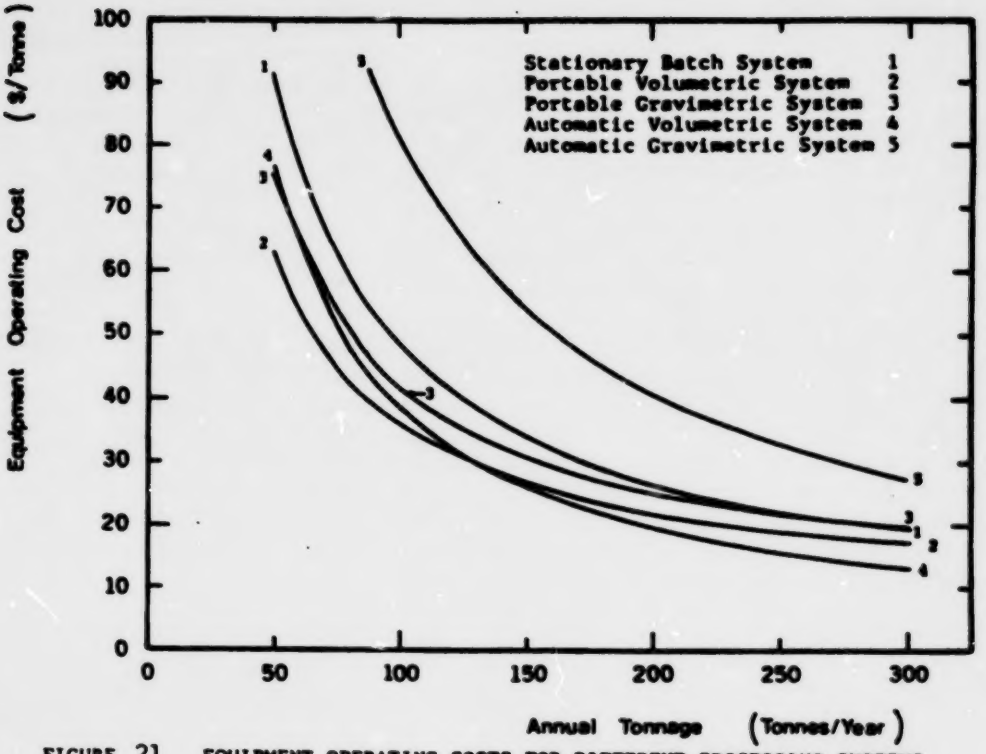


FIGURE 21 EQUIPMENT OPERATING COSTS FOR DIFFERENT PROCESSING SYSTEMS

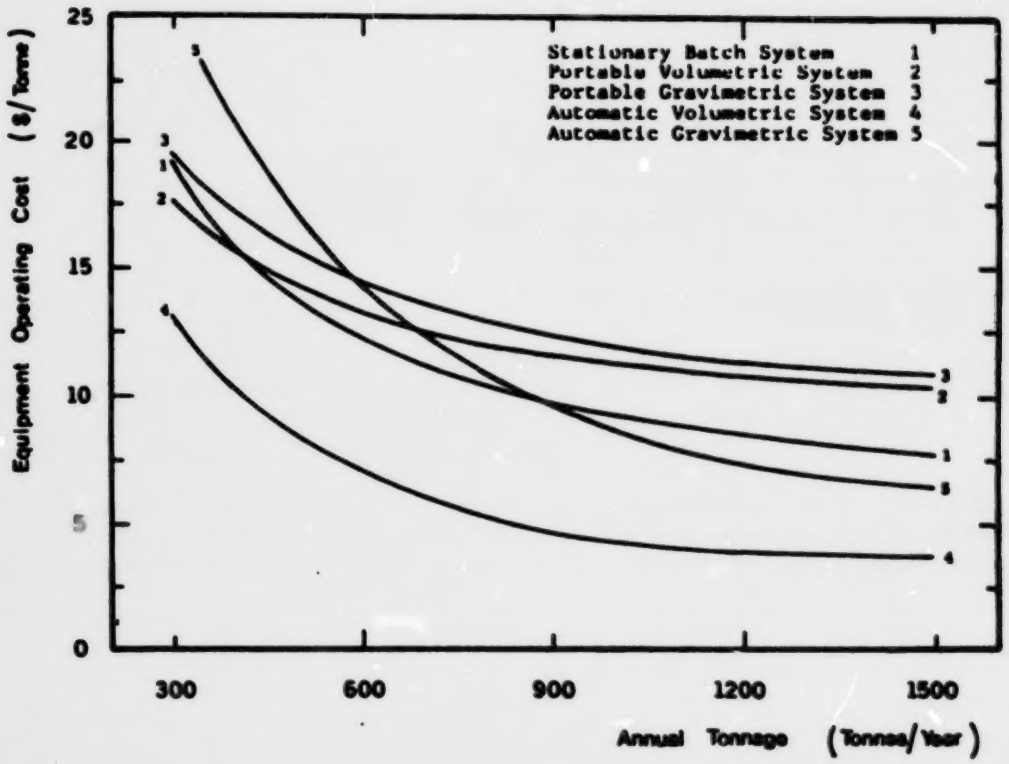


FIGURE 22 EQUIPMENT OPERATING COSTS FOR DIFFERENT PROCESSING SYSTEMS

11. Storage Operating Costs Storage operating costs consist of annual fixed costs and inventory interest charges. The fixed costs should be calculated similarly to Table 11. The inventory interest charges (I.I.C.) should be calculated as follows:

I.C.C. = 0.65 x Interest Rate x Cost of Ingredient per Tonne x Storage Capacity.

This cost was taken as an annual fixed cost since it is a function of storage capacity and not production tonnage. Since storage bins are not always full and never completely emptied, a factor of 0.65 was included. This value was selected as an average between a full bin (1.00) and a bin which is 3o per cent full (o.3), since storage bins are rarely emptied to below 30 per cent. Once the costs are calculated, they should be divided by the annual tonnage. The value should be entered on line 11 of Table 9.

12. Total Operating Costs The total operating costs are obtained by adding the system and storage operating costs.

13. Savings The savings per tonne of feed are obtained by substracting the total operating costs (line 12) from the margin (line 6).

14. Return on Investment The return on investment is a financial tool used for comparing the quality of different investments. It is obtained by dividing the annual savings, or profit, by the initial capital expenditure and multiplying by 100 per cent. It should be used for comparing various investments but should not be used as the only criterion.

Additional Considerations

Before finally deciding on whether to process on the farm, one must realize that there are many hidden considerations to which a numerical cost cannot be denoted.

Quality and pelletizing factors have been incorporated into the feasibility study to adjust for the nutritional equivalence and digestibility of feeds; but factors involving the quality

of mixing cannot be included since they depend on the actual mixing characteristics of the equipment in question.

Management skills will be needed for purchasing ingredients and preparing the feed. Knowledge of market conditions and nutritional equivalents may be needed in order to ensure a proper feed formulation. Poorly formulated feeds are likely to hinder animal performance and could easily offset the economic advantages of on the farm processing. Also, if capital or credit is not available to take advantage of seasonally depressed ingredient prices, the economics of on the farm processing can be greatly affected.

Manufacturers have rapid inventory turnover which guarantees the delivery of fresh feed. On the other hand, if a farmer buys large bulk quantities to obtain bulk discounts, he must take the precaution of proper storage so that fresh feed is always assured.

Feed manufacturers also supply farmers with auxilliary services. These services are sometimes ignored by farmers once they produce their own feed. The following is a list of some services which manufacturers provide to farmers at no additional expenses: (12)

1. Laboratory tests of roughage, water, milk, and other samples.
2. Nutritional consultation.
3. Analysis of management systems.
4. Financial assistance in the form of credit.
5. Assistance in breeding problems.
6. Information on buying and selling farm equipment and livestock.

On the other hand, if a farmer produces feed on the farm, he has complete control of the ingredients. He can, therefore, include liquid feedstuffs and make his feed more palatable. Feed will always be available since the farmer is producing it himself. If the farmer should run out of feed, he should make sure, in advance, that an alternative feed source is available.

CONCLUSION

On-the-farm feed processing offers the farmer an alternative method of providing himself with his feed requirements. The viability of each individual installation depends on the investment, operating costs, and the volume of the feed processed. With the information compiled in this study, and the aid of the step-by-step guideline, a farmer can conduct an unbiased feasibility analysis. This analysis will help him decide whether he should be processing his feed on his farm.

***

REFERENCES

1. Jose, D., and Gervasor, P., "Economics of Farm Feed Processing", Report for the Economics division of the Nova Scotia Department of Agriculture and Marketing, 1970.

2. Statistics Canada

3. Nicholas, T. E., Benson, G. A., and Wells, R.C., "The Economics of Farm Feed Processing."

4. Olentine, C., Feed Management Journal

5. AFMA, Feed Manufacturing Technology

6. Boyd, K.G., and Morris, J.R., "On Farm Feed Processing And Preparation For Swine", Ontarion Ministry of Food and Agriculture.

7. "Farm Feed Processing and Handling", Canada Department of Agriculture, Publication 1572, 1976.

8. Marr, J.E., "Inspection and Sampling of Feed Ingredients and Blending and Sampling of Complete Feeds", MSD (Divison of Merck and Co.) AGVET Technical Service Bulletin, 1982.

9. "Beef Cattle Feeding Systems", Saskatchewan Agriculture.

10. "Selection and Use of Oxygen Limiting Silos", Canada Department of Agriculture, Publication 1728E.

11. Weeden, J.K., and Norrish, J.G., "Stationary Blender-Grinders--A Field Evaluation". Ontario ministry of Agriculture and Food, Paper No. 81-101.

APPENDIX

TABLE
ANNUAL FEEDING REQUIREMENTS

	Type of Livestock	Number		Feed/Head/Year Kg/Year		Total Kg
1.	_____ ,	___	X	_____	=	_____
2.	_____ ,	___	X	_____	=	_____
3.	_____ ,	___	X	_____	=	_____
4.	_____ ,	___	X	_____	=	_____
5.	_____ ,	___	X	_____	=	_____

TOTAL REQUIREMENT KG/YR _____

or

TOTAL REQUIREMENT TONNES/YR _____

TABLE

INGREDIENT COSTS

	Ingredient	Price $/Tonne		Quantity/Tonne of Feed (Tonnes)		Cost ($)
1.	_____ ,	____	X	_____	=	_____
2.	_____ ,	____	X	_____	=	_____
3.	_____ ,	____	X	_____	=	_____
4.	_____ ,	____	X	_____	=	_____
5.	_____ ,	____	X	_____	=	_____
6.	_____ ,	____	X	_____	=	_____

Drying Cost: Quantity/Tonne _____ X $15= _____

Bulk Transport: Quantity/Tonne _____ X $10 = _____

Bagged Transport: Quantity/Tonne _____ X $15 = _____

TOTAL COST (1 Tonne): _____

APPENDIX

TABLE

ECONOMIC ANALYSIS

1.	Complete Feed Price ($/Tonne)	_____	
2.	On-Farm Feed Price ($/Tonne)	_____	
3.	Quality Factor	_____	
4.	Pelletizing Factor	_____	
5.	Adjusted On-Farm Feed Price ($/Tonne)	_____	
6.	MARGIN ($/Tonne) Line 1 - Line 5	_____	_____
7.	Feed System Capital Cost ($)	_____	
8.	Storage System Capital Cost ($)	_____	
9.	Total Investment Line 7 + Line 8	_____	
10.	System Operating Costs ($/Tonne)	_____	
11.	Storage Operating Costs ($/Tonne)	_____	
12.	Total Operating Costs ($/Tonne) Line 10 + Line 11	_____	_____
13.	Savings ($/Tonne) Line 6 - Line 12		_____
14.	Return on Investment (Line 13 X Tonnage Line 9) X 100%		_____

Livestock Feed Board
of Canada

P.O. Box 177
Snowdon Station
Montreal, Quebec
H3X 3T4

Office des provendes
du Canada

Case Postale 177
Succursale Snowdon
Montréal (Québec)
H3X 3T4

ASPECTS ECONOMIQUES
DE LA TRANSFORMATION A LA FERME
DES ALIMENTS DU BETAIL

Préparé pour

l'Office des provendes du Canada

par Nicholas E. Florakas

Canada

Mai 1986

REMERCIEMENTS

Le temps et les efforts de synthèse qu'ont exigés la présente étude ont été considérables, mais la version finale n'aurait jamais vu le jour sans la contribution de nombreuses personnes.

Premièrement, c'est l'Office des provendes du Canada qui a financé l'étude et qui en a été l'initiateur. Je remercie tous les membres de l'Office et, tout particulièrement, MM. G. Sonneveld et A. Mair de leurs conseils, de leur collaboration et de leur patience ainsi que MM. G. René de Cotret et J. McAnulty de leurs idées constructives. Je suis particulièrement reconnaissant à M. D. Mutch, directeur de la Recherche économique et secrétaire de l'Office, qui a contribué à la définition des lignes directrices et de la portée de l'étude et qui m'a aidé à mettre au point bon nombre des idées maîtresses qu'elle contient.

Je dois beaucoup au Dr. J. Boomgaardt et au Dr. W. Weston qui ont lu et commenté le manuscrit en entier et au Dr. G. Coffin, qui m'a encouragé et m'a fourni des conseils.

Je suis également redevable à un certain nombre de personnes, d'organismes, de gouvernements, d'institutions et de sociétés (qui sont énumérées ci-après) de leurs commentaires et de leurs apports inestimables. Je cite notamment M. K. Fisher, feu M. C. Friend, M. F.D. Larson, M. W.K. Meyer, la AFMA, la CFIA, Agriculture Canada, le ministère de l'Agriculture des Etats-Unis, les ministères provinciaux de l'Agriculture de la Colombie-Britannique, du Manitoba, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Ecosse, de l'Ontario (Guelph, Ridgetown) et de la Saskatchewan, l'Université McGill, l'Université de l'Etat de l'Oklahoma et l'Université de la Saskatchewan.

Je dois également beaucoup à mon recherchiste, M. S. Petsalis, qui, tout en complétant sa maîtrise à l'Université McGill, a contribué de façon méthodique à l'étude en faisant les recherches nécessaires et en établissant les liens qui s'imposaient entre les idées d'une manière à la fois pondérée, imaginative et constructive.

Je réserve mon dernier remerciement à mon collaborateur le plus important, mon épouse Elizabeth, sans laquelle la présente étude n'aurait jamais été complétée. Elle m'a secondé dans toutes les phases de son élaboration, du tout début à la toute fin, en passant par les nombreuses ébauches.

Sociétés ayant fourni des feuillets descriptifs et des illustrations de l'équipement

Agrimental Farm Equipment Manufacture
Automatic Equipment Mfg. Co.
Berglund Industrial Supply Co. Limited
Blount/Mix-Mill
Brock Manufacturing, Inc.
Crophandling Systems Limited
H.C. Davis Sons Manufacturing Co., Inc.
The Duplex Mill & Manufacturing Co.
Farmatic Inc.
Farmmaster Inc.
Feedmobile Inc.
J.L. Fisher Inc.
George E. Gilbert Equipment Ltd.
Jim Harkness Equipment
Harrison & Ellis, Inc.
Hurst Equipment Limited
Hyde Park Farm Supply Inc.
Jacobson Machine Works, Inc.
Mix-Mill Inc.
Modern Mill Inc.
Moses Farm Systems
Peerless International Co. Inc.
Perth Farm Systems Limited
Prater Industries Inc.
A.O. Smith Harvestore Products Inc.
Standard Industries Limited
United Farm Tools, Inc.
Weigh-Tronix, Inc.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	v.
BESOINS ALIMENTAIRES ANNUELS	1
TERMES RELATIFS AUX ALIMENTS DU BETAIL	3
TRANSFORMATION EN LOTS ET TRANSFORMATION EN CONTINU	5
SYSTEMES VOLUMETRIQUES ET SYSTEMES GRAVIMETRIQUES	6
CHOIX DE SYSTEMES DE TRANSFORMATION DES PROVENDES	
Systèmes fixes de transformation en lots	10
Broyeurs	
Broyeurs à marteau	10
Broyeurs à meules	12
Broyeurs à cylindres	13
Mélangeurs	
Mélangeur vertical	15
Mélangeur horizontal	16
Ensemble broyeur-mélangeur	17
Broyeur-mélangeur roulable	20
Broyeur-mélangeur électrique automatique	22
MATERIEL DE STOCKAGE	
Stockage des céréales et des matières protéiques	25
Silos en acier	25
Silos en bois	28
Ensilage de fourrages verts	28
Stockage à circulation réduite d'oxygène	29
Emplacement des silos	31
L'EXCEPTIONNEL	
Pelletisation	32
Graines de soja torréfiées ou farine de soja	32
Traitement de la fiente et production de méthane	34

Page

ANALYSE DE FAISABILITE
Evaluation économique 35
Prix des aliments complets 35
Prix des aliments mélangés à la ferme 36
Coefficient de qualité 37
Coefficient de pelletisation 38
Prix corrigé des aliments mélangés à la ferme .. 39
Marge 39
Coût en capital du système de mélange 39
Coût en capital du système d'emmagasinage 40
Total du capital investi 40
Coûts d'exploitation du système de mélange 40
Coûts d'exploitation de l'emmagasinage 45
Coûts d'exploitation totaux 45
Bénéfices 45
Rendement du capital investi 45
Autres considérations 45

CONCLUSION 46

BIBLIOGRAPHIE 47

ANNEXES 48

INTRODUCTION

Le coût des aliments est l'un des principaux coûts de production du bétail et de la volaille. Dans la plupart des cas, il représente plus de 50 % des dépenses totales. Ce pourcentage peut varier selon le prix des produits et le degré d'efficacité d'alimentation de l'exploitation. Tout éleveur de bétail ou de volaille doit donc gérer l'alimentation de façon optimale, quel que soit le mode d'acquisition des aliments.

L'exploitant agricole est sollicité à droite et à gauche par l'industrie de l'approvisionnement agricole. Qu'il s'agisse du fabricant d'aliments qui offre soit des aliments complets, des suppléments, des prémélanges ou des micro-prémélanges ou du fabricant d'équipement, chacun tient un discours qui sert les intérêts de son industrie. L'éleveur de bétail doit donc pouvoir se fier à une source de renseignements clairs, concis et objectifs, afin d'être en mesure de prendre la meilleure décision possible.

La présente étude réunit une somme considérable d'informations provenant de diverses sources, pour permettre aux éleveurs d'animaux de ferme d'évaluer la faisabilité de la transformation à la ferme en fonction de la situation qui leur est propre.

BESOINS ALIMENTAIRES ANNUELS

Pour étudier la faisabilité de divers systèmes de transformation des aliments à la ferme, on doit tout d'abord déterminer le type et la quantité d'aliments qui sont nécessaires. Ces facteurs varieront en fonction du type d'animaux à nourrir, de la taille du troupeau, du système de production et du niveau de rendement souhaité. De tous ces éléments, c'est la taille du troupeau qui est le principal déterminant des besoins alimentaires.

Au cours de la période de 20 ans allant de 1961 à 1981, le nombre d'exploitations agricoles a fléchi nettement partout au Canada, tandis que la taille de chaque exploitation augmentait. Le tableau 1 donne une indication de l'évolution du nombre d'exploitations et de la production totale de bétail. Les changements les plus manifestes ont été enregistrés dans les exploitations porcines. Au cours des 20 années à l'étude, le nombre d'exploitations porcines du Canada a été divisé par 4, tandis que le nombre de porcs a augmenté d'un multiple de 1,85. Si on calcule la taille moyenne de l'exploitation agricole à partir des chiffres du tableau 1, on obtient un chiffre démesurément bas, compte tenu du nombre de petites fermes ayant des effectifs inférieurs à 20 animaux, auxquelles la présente étude ne s'intéresse pas.

TABLEAU 1

BETAIL ET VOLAILLE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES CANADIENNES

Catégories d'animaux de ferme		1961	1971	1981
BOVINS	Nombre de têtes	11,941,184	13,278.233	13,501,904
	Nombre d'exploitations	375,058	248,757	185,073
PORCINS	Nombre de têtes	5,332,736	8,106,926	9,875,065
	Nombre d'exploitations	223,402	122, 481	55,765
VOLAILLE*	Nombre de têtes	69,612,229	87,537,179	92,717,929
	Nombre d'exploitations	266,080	119,596	86,697

*Poules et poulets seulement.

Le tableau 2 donne le taux de croissance annuel moyen des exploitations agricoles du Canada correspondant à diverses catégories d'animaux de ferme, selon des données de Statistique Canada. Les valeurs ayant été relativement constantes au cours des 20 dernières années, elles peuvent être utilisées sans grand risque d'erreur à des fins d'extrapolation.

TABLEAU 2

CROISSANCE ANNUELLE DES EXPLOITATIONS ET BESOINS ALIMENTAIRES PAR UNITE POUR DIVERSES CATEGORIES D'ANIMAUX DE FERME

Catégorie d'animaux	Croissance annuelle d'exploitations %	Besoins alimentaires annuels (1,3) Kg/unité
Pondeuses	4,8	40
Vaches laitières	5,4	2 700
Porcs*	18,9	1 100 (truie) 280 (porcelet destiné à vente)

*On suppose qu'une truie produit annuellement 2 portées (16 porcelets destinés à la vente).

Les besoins alimentaires annuels en tonnes peuvent être déterminés en multipliant la taille du troupeau par les besoins alimentaires par unités données au tableau 2. Ces besoins correspondent à un niveau moyen d'efficacité alimentaire. En 1981, au Québec, la taille des exploitations porcines variait entre 270 et 2 200 porcs destinés à la commercialisation par année et celle des exploitations laitières entre 30 et 120 vaches laitières. En Ontario, une exploitation de poules pondeuses pouvait contenir entre 5 000 et 40 000 volailles. A partir des valeurs du tableau 2, on peut calculer pour une année donnée des fourchettes de valeurs selon la taille de l'exploitation et les besoins alimentaires.

Le tableau 3 contient les résultats d'une telle extrapolation pour les années 1985 et 1990. Il en ressort que, d'ici la fin de la présente décennie, les besoins alimentaires par exploitation varieront approximativement entre 100 et 3 265 tonnes par année.

TABLEAU 3

EXTRAPOLATION DES BESOINS ANNUELS EN TONNES DES EXPLOITATIONS EN 1985 ET EN 1990

ANNEE	1981		1985		1990	
Catégorie d'animaux	Taille de l'exploitation	Utilisation (tonnes)	Taille de l'exploitation	Utilisation (tonnes)	Taille de l'exploitation	Utilisation (tonnes)
Pondeuses	5 000 - 40 000	200 - 1 600	6 030 - 48 250	241 - 1 930	7 625 - 61 000	305 - 2 440
Bovins laitiers	30 - 120	80 - 325	37 - 148	100 - 400	48 - 193	130 - 520
Porcs	270 - 2 200	85 - 690*	540 - 4 400	170 - 1 383*	1 280 - 10 450	390 - 3 265*

*Les quantités utilisées englobent les besoins alimentaires des truies.

Compte tenu des données qui précèdent, la fourchette des besoins alimentaires retenue dans la présente étude est assez étendue, de manière à englober une vaste gamme de volumes d'utilisation estimative. Les échelons de besoins alimentaires annuels retenus sont ceux de 75, 150, 300, 600, 1 200 et 2 400 tonnes par année.

TERMES RELATIFS AUX ALIMENTS DU BETAIL

Aujourd'hui, nombre de choix s'offrent à l'agriculteur pour la production d'aliments du bétail à la ferme. Il peut acheter un supplément commercial et le mélanger à de l'orge, du blé ou du maïs dont il dispose ou bien il peut utiliser un prémélange et y incorporer divers ingrédients. Un problème fondamental se pose cependant : il est très difficile de faire des comparaisons directes.

Jusqu'à maintenant, de nombreux fabricants industriels classent les aliments selon leur importance relative dans la ration. Par exemple, lorsque l'on parle de prémélange, il peut s'agir d'un aliment de base qui entre dans la composition d'une formule jusqu'à concurrence de 5 % du poids. Dans le cas d'un supplément, la proportion peut atteindre 30 % du poids. Plus les produits alimentaires se diversifient, plus leur classement devient complexe.

Aux fins de la présente étude, la classification adoptée correspond aux catégories de la Loi relative aux aliments du bétail du Canada. La figure 1 en illustre les principales catégories.

Figure 1 - Classification des aliments du bétail

L'expression `aliment complet' désigne `un aliment qui, lorsqu'il est utilisé pour le type d'animal et les fins indiquées sur l'étiquette, fournit tous les éléments nutritifs nécessaires au maintien de la vie ou à l'amélioration de la production.' Dans le cas des ruminants, ce mélange contient un fourrage grossier, comme l'ensilage ou le foin. La même définition s'applique aux animaux non ruminants, sauf que le fourrage grossier n'est pas inclus parce qu'il n'est pas nécessaire.

Les suppléments englobent tous les mélanges commerciaux préparés selon une formule qui prévoit leur combinaison à une céréale ou à du maïs pour que l'aliment contienne tous les éléments nutritifs nécessaires. Les prémélanges doivent être combinés à une source d'énergie et à une source de protéines. La source de protéines peut varier selon la disponibilité et le prix; il s'agit habituellement de farine de tourteau de soja ou de canola. Comme source d'énergie, on peut utiliser toute céréale y compris le maïs, le blé, le seigle, l'orge, l'avoine ou toute combinaison de céréales. Au Canada, les ingrédients les plus utilisés comme sources d'énergie sont le maïs, l'orge et le blé et, comme sources de protéines, la farine de tourteau de soja ou de canola.

Les micro-prémélanges sont préparés selon une formule qui vise seulement à fournir des quantités infimes de nutriments comme les vitamines et les oligo-éléments. Les micro-prémélanges exigent des techniques de mélange plus précises et ne conviennent pas normalement au système de mélange à la ferme.

A partir de la classification qui précède, on peut analyser les coûts de divers systèmes de préparation de mélanges selon une formule.

TRANSFORMATION EN LOTS ET TRANSFORMATION EN CONTINU

La transformation des aliments du bétail à la ferme peut être faite en lots ou en processus continu. Par traitement, on entend une série d'opérations en séquence qui constituent un cycle. Chaque ingrédient est pesé séparément à l'aide d'une balance analogique ou digitale. Les ingrédients sont ensuite réunis dans un mélangeur où ils sont mélangés en lots. Lorsque le mélange du lot est terminé, le mélangeur est vidé et le cycle se répète à nouveau. L'importance des besoins quantitatifs détermine le nombre de répétitions du cycle. Dans les grandes fabriques commerciales d'aliments, la transformation en lots est toujours automatisée et elle est parfois contrôlée par ordinateur. Pour la plupart des exploitations agricoles, les quantités traitées sont relativement restreintes (moins de 500 tonnes par année), de sorte que l'acquisition de systèmes si coûteux et raffinés n'est pas justifiée.

Dans le processus de transformation en continu, tous les ingrédients sont mesurés de façon simultanée à mesure que le mélangeur est chargé. Après le mélange d'une durée préétablie, le produit final est déchargé. Normalement, la plupart des systèmes fonctionnent automatiquement et comportent des commandes de sécurité. Ils sont dotés de plusieurs éléments intégrés comme des manostats (interrupteurs sensibles à la pression) qui contrôlent l'apport d'ingrédients au système

des minuteries qui assurent l'homogénéité de mélange.

L'avantage des systèmes à débit continu réside dans l'économie de main-d'oeuvre. Une fois le système mis au point et étalonné, le travail requis est minime. Il se peut qu'il soit nécessaire de vérifier l'étalonnage chaque semaine ou, tout au moins, chaque fois que les ingrédients sont modifiés (par exemple, à l'occasion de l'achat d'un nouveau lot de mais). Par contre, pour les mélanges par lots, un opérateur doit être présent à tout moment pour peser les ingrédients et faire fonctionner le mélangeur. Ce recours accru à la main-d'oeuvre donne cependant une plus grande exactitude dans la composition des rations alimentaires. L'utilisation de main-d'oeuvre peut être réduite par l'automatisation, mais cela coûte passablement cher en immobilisations

SYSTEMES VOLUMETRIQUES ET SYSTEMES GRAVIMETRIQUES

On dit d'un système de mélange qu'il est volumétrique si les quantités d'ingrédients sont mesurées par la détermination des volumes, grâce à une pelle, un godet ou un type quelconque de convoyeur. Les ingrédients ne sont jamais pesés.

Dans un système gravimétrique, c'est la pesanteur des ingrédients qui est mesurée avant le mélange.

Les premiers systèmes volumétriques de mélange à la ferme étaient des systèmes combinés de broyage et de mélange. Il s'agissait de systèmes volumétriques dans le sens où le mélangeur était chargé d'un nombre déterminé de sacs de supplément, après quoi l'opérateur complétait le remplissage en ajoutant du grain provenant du broyeur. C'était là un processus qui du début à la fin exigeait beaucoup de temps et un travail constant.

Un système volumétrique plus récent et plus répandu, qui consiste en un ensemble de convoyeurs d'aliments à commandes de vitesse variables, permet de combiner les divers ingrédients. Le dosage est assuré par des convoyeurs à vis sans fin. Avec chaque révolution de l'axe d'une vis, un volume donné d'ingrédients est transporté et déchargé. La vitesse de rotation de la vis détermine le volume total des ingrédients à traiter. Les systèmes volumétriques décrits précédemment permettent d'obtenir un certain degré d'exactitude dans la préparation des rations; la mise en garde suivante s'impose cependant.

Lorsque les nutritionnistes composent des formules d'aliments du bétail, ils mesurent les ingrédients selon le poids. La valeur énergétique d'un ingrédient donné est exprimée comme `quantité d'énergie par unité de poids'. Le poids relatif de chaque ingrédient qui entre dans la composition d'un aliment préparé selon une formule est par la suite

converti en pourcentage du volume, d'après la densité de chaque ingrédient. L'opérateur chargé du fonctionnement du mélangeur volumétrique se fonde sur ces pourcentages pour régler le débit des vis d'alimentation.

Une fois fixé le débit souhaité, l'opérateur doit supposer qu'une vis d'alimentation donnée transportera toujours le même volume d'ingrédients et que la densité de cet ingrédient ne variera pas. Cependant, en raison des variations possibles, il existe certaines probabilités d'erreur.

Le tableau 4 donne la liste des densités de certains ingrédients usuels qui servent à la fabrication des aliments du bétail. Cette liste contient des échelles de densité plutôt que des valeurs précises. La densité de l'orge, par exemple, peut varier considérablement selon la saison ou la région géographique.

TABLEAU 4

DENSITES DE CERTAINS INGREDIENTS (5)

Ingrédients	Densité (kg/m cu.)	Densité (lbs/pi.cu)
Orge, flocons	336 - 384	21 - 24
Orge, grains entiers	609 - 689	38 - 43
Orge, grains moulus	383 - 416	24 - 26
Farine de mais	609 - 641	38 - 40
Farine de poisson	480 - 641	30 - 40
Avoine, grains moulus	320 - 400	20 - 25
Soja, grains moulus	400 - 545	25 - 34
Soja, issues de mouture	400 - 432	25 - 27
Blé, grains entiers	721 - 833	45 - 52
Blé, grains moulus	609 - 624	38 - 39

Les précipitations et les quantités d'engrais peuvent également influer beaucoup sur la densité de l'orge. Si la variation de densité d'un ingrédient est de l'ordre de 10 %, la proportion du mélange qu'il représente peut varier tout autant après un mélange volumétrique.

Le degré de remplissage des compartiments ou cellules d'emmagasinage aura également une incidence sur le fonctionnement d'un système volumétrique. Lorsqu'un compartiment est plein, la pression est plus forte dans sa partie inférieure (en raison de la hauteur de la charge) et, de ce fait, l'ingrédient transporté par la vis d'alimentation a une plus forte densité. Egalement, le degré de remplissage du compartiment a une incidence sur le débit, de sorte que la cadence de remplissage des vis sans fin peut varier. La forme et la taille des particules d'ingrédients peuvent également avoir un effet important sur le

remplissage de la vis et donc sur l'exactitude de composition d'une ration.

Les caractéristiques d'écoulement des grains entiers ne sont pas les mêmes que celles des farines, ce qui introduit d'autres variables qui ont une incidence sur le débit. Dans les systèmes à mélange volumétrique continu, il arrive que les interruptions de débit passent inaperçues et que la composition du mélange soit ainsi modifiée. Les interruptions de débit ne sont pas rares lorsque des suppléments entrent dans la composition des mélanges, étant donné que ces derniers, étant sous forme de mélange à pâtée (farine), risquent davantage d'occasionner des interruptions ou des réductions de débit. Cette réduction de la quantité de supplément peut avoir une incidence non négligeable sur la conversion alimentaire et donc sur les bénéfices, étant donné que le supplément représente la partie la plus importante du mélange alimentaire. Le maintien du débit est donc essentiel pour que la composition du mélange corresponde le plus exactement possible à la formule.

Certains appareils de détection peuvent être intégrés au système, de manière à ce que le fonctionnement cesse instantanément en cas d'interruption de débit. A l'heure actuelle, il est cependant très difficile de doter un système de ce genre d'instruments de prévention à des coûts compétitifs.

Le plus gros désavantage des systèmes de mélange à mesure volumétrique a trait à leurs limites d'exactitude. Les fabricants laissent entendre que leurs appareils donnent des dosages très exactes, mais ils avancent rarement des garanties chiffrées à cet effet.

On applique actuellement la technologie des microprocesseurs aux systèmes intégrés de mélange par volumétrie. Cela permet le réglage à grande vitesse des commandes de dosage et le contrôle constant des variances de débit. En dépit de ces caractéristiques supplémentaires, les systèmes volumétriques n'échappent pas au problème inhérent lié à la conversion des quantités selon la densité.

Plutôt que de choisir un système volumétrique, l'exploitant peut faire appel à un système gravimétrique, où les ingrédients sont pesés avant d'être mélangés. Le fait de peser chaque ingrédient élimine les problèmes liés aux variations de densité, au remplissage des vis d'alimentation et aux caractéristiques d'écoulement des produits. De plus, les systèmes complexes de détection des interruptions de débit sont rendus inutiles, puisque l'enchaînement des opérations est interrompu automatiquement dès qu'un ingrédient ne s'écoule plus d'un compartiment ou d'une vis d'alimentation.

L'exactitude d'un système gravimétrique est fonction de l'exactitude de la balance qui sert à peser les ingrédients. Si la balance est graduée en kilogrammes et que la pesée s'applique à une masse de 400 kg, l'exactitude de pesée est de 0,25 % (1/400), dans la mesure où l'étalonnage et la remise à zéro de l'appareil sont adéquats. Le degré d'exactitude de la composition du mélange est alors de 0,25 %.

Lorsque tous les ingrédients ont été pesés, le lot entier est transféré au mélangeur. La durée de mélange est la même pour tous les lots, de manière à assurer l'uniformité et l'homogénéité des aliments. Pour garantir l'uniformité de la durée de mélange, il peut être avantageux d'installer une minuterie électrique à verrouillage, de manière à ce que le guichet de déchargement ne puisse s'ouvrir avant la fin de la période de mélange prévue.

Le système de mélange par gravimétrie a pour principal désavantage d'exiger beaucoup de main-d'oeuvre pour fonctionner correctement, à moins d'être automatisé. L'opérateur doit être présent à tout moment pour peser les ingrédients et faire fonctionner les divers appareils (mélangeur, broyeur, convoyeurs). Grâce au micro-ordinateur, on peut automatiser le système et ainsi le faire fonctionner sans surveillance directe. Le micro-ordinateur peut être programmé de manière à ce que l'installation cesse de fonctionner lorsqu'un certain nombre de lots ont été produits. Il est également possible de contrôler les quantités utilisées de chaque ingrédient et de produire sur demandes des états à cet effet. Si nécessaire, une imprimante peut être intégrée au processus de manière à donner quotidiennement l'état de la production et des stocks. Poussée à ce point, l'automatisation entraîne une augmentation considérable des coûts d'immobilisation.

En résumé, le système de mélange à débit continu par gravimétrie a comme principal désavantage de limiter l'exactitude du dosage. Même le système le plus sophistiqué, doté de commandes de réglage à grande vitesse du débit et de microprocesseurs, ne peut produire un mélange d'aliments complet avec la même exactitude qu'un système de mélange gravimétrique. Les possibilités d'erreur inhérentes aux appareils de mélange volumétrique ne peuvent être réduites que par un étalonnage régulier et systématique. Par contre, en dépit de son plus grand degré d'exactitude, il se peut que le système gravimétrique ne constitue pas un choix avantageux en raison de son coût d'achat plus élevé et du fait également qu'il coûte plus cher en main-d'oeuvre.

CHOIX DE SYSTEMES DE TRANSFORMATION DES PROVENDES

Systèmes fixes de transformation en lots

Un système du genre gravimétrique, de par sa nature, est fait d'un broyeur de grains, d'un mélangeur et de transporteurs mécaniques pour acheminer les produits d'une étape à l'autre du processus de transformation. Les éléments constitutifs sont pesés à tour de rôle et acheminés vers l'installation, que fait fonctionner un opérateur. Les divers composants du système étant vendus séparément, l'agriculteur a le libre choix des dimensions qui conviennent le mieux à ses besoins. Nombre d'entreprises fabriquent des composants réciproquement adaptables qui permettent de constituer un système fixe cohérent. En achetant un ensemble modulaire préfabriqué, l'agriculteur se décharge du souci des aléas et problèmes liés au dimensionnement et à l'assemblage.

Dans son choix du broyeur et du mélangeur, l'éleveur doit tenir compte du type de bétail à nourrir et de la composition des mélanges alimentaires. Les sections qui suivent peuvent servir de guides dans le choix des composants d'un système fixe de transformation en lots.

BROYEURS

Les trois principaux types de broyeurs sont le broyeur à marteaux, le broyeur à cylindres et le broyeur à meules.

Broyeur à marteaux - Ce type est le plus répandu pour la transformation des grains. Il renferme plusieurs barreaux ou marteaux dotés d'un mouvement tournant, allant de 1500 à 4000 tr/min., qui tournent en vrille à l'intérieur d'un crible concave perforé. La vitesse d'arc en bout des barreaux (marteaux) est généralement de l'ordre de 3500 à 4500 m/min. Au besoin, elle peut être réduite à 200 m/min., sinon accrue jusqu'à 7500 m/min. Les basses vitesses s'imposent pour l'obtention d'une mouture uniforme. Ce broyeur peut être mû par un moteur électrique ou la prise de force d'un tracteur.

La granulométrie de la mouture est fonction de la grosseur des mailles du crible. Plus elles sont fines, plus la mouture est fine elle aussi. Cette qualité s'obtient toutefois aux dépens du rendement du broyeur, sans compter qu'il faut plus d'énergie pour faire le travail. Les cribles sont généralement faits à mailles allant de 1 mm à 5 cm. Ceux à grosses mailles servent normalement à la préparation des moutures grossières mais, dans certains cas, il y a moyen de garnir un broyeur de lames réductrices pour le concassage préliminaire du fourrage grossier. Le rendement du broyeur à marteaux souffre des effets adverses de la teneur en humidité du grain. Plus elle est forte, plus le rendement baisse et plus la mouture est habituellement grossière. Le tableau 5 donne les niveaux approximatifs de rendement. Il ne faut toutefois pas s'y fier aveuglément, puisqu'il n'y est question ni de la teneur en humidité, ni de la grosseur des mailles du crible. Les données peuvent néanmoins servir de bases comparatives du rendement possible avec des moteurs de diverses puissances.

TABLEAU 5

RENDEMENT APPROXIMATIF DES BROYEURS A MARTEAUX ET A MEULES POUR DIVERSES PUISSANCES (hp)

		Rendement (en kg/h)				
Céréale	Mouture	1 hp	1,5 hp	2 hp	3 hp	5 hp
Orge	Grossière	136	227	272	408	635
	Fine	34	45	68	113	227
Avoine	Grossière	136	204	272	454	680
	Fine	34	50	102	159	204
Blé	Grossière	272	454	736	1088	1360
	Fine	90	102	272	385	454
Maïs	Grossière	272	458	748	1134	1578
	Fine	113	136	281	408	544

RENDEMENT DES BROYEURS A CYLINDRES

	1,5 hp	3 hp	5 hp	7,5 hp
Rendement (en kg/h)	204	544	816	1587

Le principal avantage du broyeur à marteaux réside dans sa polyvalence. Il peut transformer, simultanément, toutes sortes de grains et céréales, avec apport de foin. Il ne souffre guère des ramassis de corps étrangers introduits avec le grain, et son efficacité ne décroît que graduellement à mesure que les marteaux s'usent. Il a toutefois

l'inconvénient de ne pas produire une mouture uniforme, ce qui peut modifier considérablement les caractéristiques de mélange et réduire la cohésion des aliments mélangés en raison de la présence de granulats de tailles incompatibles. En dépit de ces inconvénients, le broyeur à marteaux demeure le favori des agriculteurs.

Broyeur à meules - Ce broyeur fonctionne selon un principe tout différent. Les grains y viennent par une trémie et sont déchiquetés et écrasés entre deux disques en fer à surface rêche. La figure 2 est une représentation schématique de ce genre de broyeur. A l'étude du dessin on peut constater que l'un des disques est fixe tandis que l'autre est mobile. Il tourne à raison de 1200 à 4800 tr/min. Le degré de finesse de la mouture est fonction du type des disques (surface plus ou moins rugueuse) et de l'écart qui les sépare. Dans la plupart des broyeurs du genre, cet écart est réglable. Ainsi il faut un moindre éventail de disques pour l'obtention de moutures de toutes granulométries.

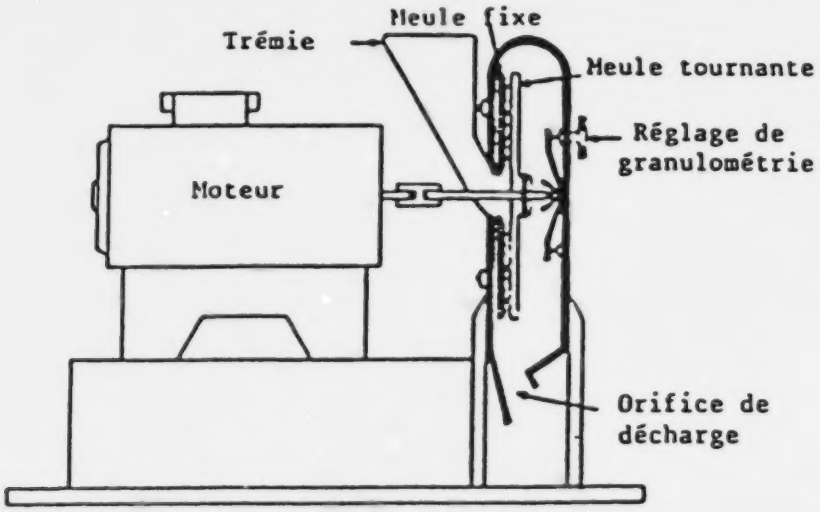


Figure 2 - BROYEUR A MEULES

Le produit du broyeur à meules est plus uniforme, mais une mouture très fine ne s'obtient qu'à grand renfort de puissance. Le broyage grossier s'effectue sans problèmes, mais lorsque le grain est très humide, le broyage ne peut pas se faire. Au contraire du broyeur à marteaux, ce type de broyeur interdit la marche à vide parce que le frottement réciproque des disques ne tarde pas à provoquer leur usure prématurée, d'où perte de rendement tout à fait indésirable.

En vertu de son mode fonctionnement, le broyeur à meules risque davantage d'être endommagé par les corps étrangers et le feu. Quoi qu'il en soit, il coûte généralement moins cher à l'achat, mais comme il faut souvent remplacer ses disques usés les frais de réparation sont élevés. De ce fait, il occupe le bas de liste des choix de broyeurs de transformation à la ferme.

Broyeur à cylindres - Le troisième type de broyeur considéré dans la présente étude est le broyeur à cylindres. Ici deux rouleaux cannelés prennent la place des meules. Pour bien faire le broyage, les cylindres travaillent en contre-rotation. Ce broyeur peut être muni d'un trémie d'alimentation et d'un moteur. Ce modèle peut également devenir portatif.

La finesse de la mouture, dans sa forme finale, est fonction de la vitesse de rotation, de l'écartement et du nombre de cannelures des cylindres. La vitesse en question est variable de 300 à 600 tr/min. Pour le broyage des gros grains, comme le mais, deux cannelures par cm de circonférence peuvent suffire. Pour le grain plus petit, comme le blé et l'avoine, il en faut habituellement 5 et plus, jusqu'à un maximum de dix. Les cannelures serrées s'imposent également afin que ces genres de graines ne puissent passer intactes dans le broyeur. Le tableau 6 fait état des nombres de cannelures pour le broyage de divers grains.

TABLEAU 6

NOMBRE DE CANNELURES DE CYLINDRES POUR DIVERS GRAINS

Cannelures (par cm)	Grains
Moins de 2	Mais en grain, mais en épi, mais d'ensilage
2,5 à 3	Mais-tout venant, millet soja. Pour l'obtention de mais roulé destiné à l'élevage de porcs de volailles
3,0 à 3,5	Avoine, orge, blé, millet
4,0 à 6,0	Mais de fermentation pour l'alcool Petites graines de blé, d'orge et d'avoine
Plus de 6	Moutures spéciales

Comparé aux autres broyeurs, celui à cylindres fournit un fort rendement tout en consommant le moins d'énergie. Le tableau 5 donne les rendements approximatifs selon la puissance en hp. Ces chiffres ne peuvent toutefois être pris au pied de la lettre, puisqu'il faut tenir compte du genre de céréale et de sa teneur en eau, ce dont la table analytique ne fait pas état. Le broyeur à cylindres a l'avantage de réduire le produit brut en une mouture uniforme et peu poussiéreuse. Il ne peut cependant broyer simultanément que des grains de même grosseur, à moins qu'il soit muni d'un second jeu de cylindres. Il ne peut réduire le grain en farine et peut facilement être endommagé par la présence de corps étrangers. Son rendement baisse sensiblement lorsqu'il s'agit de broyer

des grains très humides. Dans certains modèles, l'un des cylindres tourne plus vite que l'autre, lorsqu'il s'agit de broyer du grain très humide, afin que les cannelures n'aillent pas s'engorger.

Le tableau 7 fait la comparaison des broyeurs susmentionnés.

TABLEAU 7

COMPARAISON DES DIVERS SYSTEMES DE TRANSFORMATION DE GRAINS

Caractéristiques	Broyeur à marteaux	Broyeur à meules	Broyeur à cylindres
Dispositif réducteur	Marteaux tournants	Disque rèche tournant	Cylindres cannelés tournants
Fonctionnement	Battage	Déchiquetage	Broyage
Régime de marche	1500 à 4000 tr/min.	1200 à 8600 tr/min.	300 à 600 tr/min.
Effort moteur	Fort	Moyen	Faible
Mouture	Fine	Moyenne	Grossière
Réglage de finesse de la mouture	Maillage du crible.	Écart et rugosité des disques	Écart des cannelures et des cylindres
Avantages	Transformation simultanée tous grains. Maintenance négligeable Polyvalence Transforme les herbes fourragères	Faible mise de fonds	Faible effort moteur Mouture uniforme
Inconvénients	Effort moteur élevé Mouture peu uniforme	Maintenance poussée Réglages compliqués Ne transforme pas les fourrages Facilement endommagé Risque d'incendie	Ne donne que des moutures grossières Ne transforme pas les fourrages

Mélangeurs

Une fois que les ingrédients de la formulation de moulée sont pesés et broyés, il faut les mélanger. C'est une intervention délicate qui vise le proportionnement pour l'obtention du produit final aux qualités voulues. Les caractéristiques physiques des ingrédients qui influeront probablement le plus sur les propriétés de mélange sont les suivantes :

1. grosseur des particules;
2. densité des particules;
3. forme des particules;
4. texture des ingrédients;
5. teneur en eau; et
6. propriétés électrostatiques.

Le mais et le soja broyés ont des propriétés physiques et des caractéristiques très semblables, de sorte qu'ils sont relativement faciles à mélanger. Si toutefois il s'agit de combiner des ingrédients de densités diverses, il se peut qu'ils se mélangent moins bien. Ceux de forte densité auront tendance à couler plus vite au fond du mélangeur et à se séparer ainsi du reste des ingrédients. Ce phénomène peut avoir des effets néfastes parce que certains additifs en forte concentration dans le mélange alimentaire créent des dangers. Les compléments minéraux et antibiotiques (à forte densité) doivent être soigneusement mélangés au reste, en prenant tout le temps qu'il faut pour les incorporer à fond. Le gavage du mélangeur, illustré à la figure 3, peut également donner un produit dont l'uniformité laisse à désirer puisque les particules qui font le trop-plein peuvent s'immobiliser et ne pas s'amalgamer au reste.

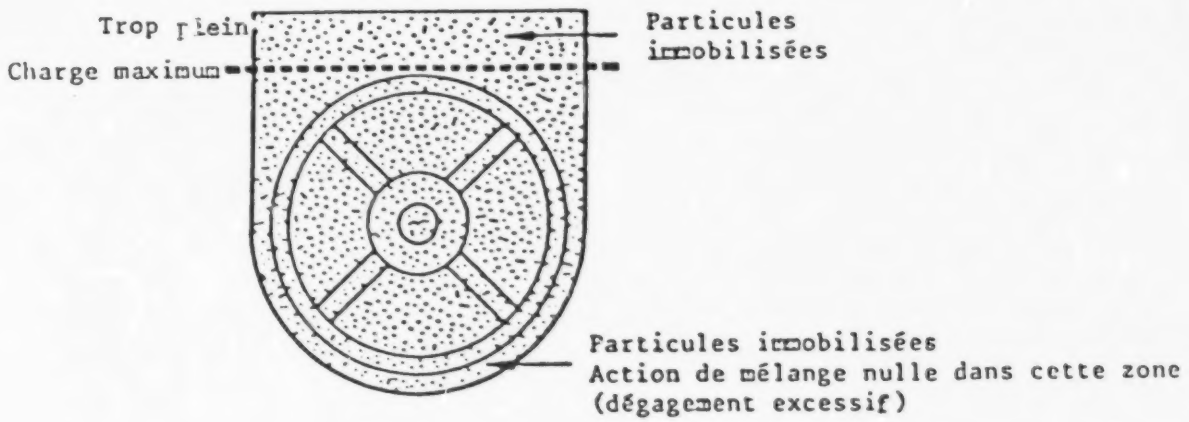


Figure 3 - TROP PLEIN DU MELANGEUR HORIZONTAL

Il existe essentiellement deux types de mélangeurs en lots, l'un vertical et l'autre horizontal. Il existe également des mélangeurs à débit continu dont il ne sera pas question ici.

Mélangeur vertical - Ce mélangeur sert essentiellement dans les élevages de petite à moyenne envergure. Tel qu'il est vu sous forme schématique dans la figure 4, il a la forme d'un tube cylindrique superposé à un cône tronqué inversé. Une vis sans fin, fixée à la

verticale dans l'axe de cet ensemble, fait le mélange d'une charge (un lot) allant d'une demie tonne à 7 tonnes. Seule une minime partie de cette charge est brassée et mélangée d'un coup dans le tube mélangeur cylindrique; la puissance nécessaire est donc très faible, soit de 3 hp par tonne. La durée de mélange peut varier de 10 à 20 minutes. La plupart des modèles du genre sont chargés par le haut ou le bas, et vidés par le côté.

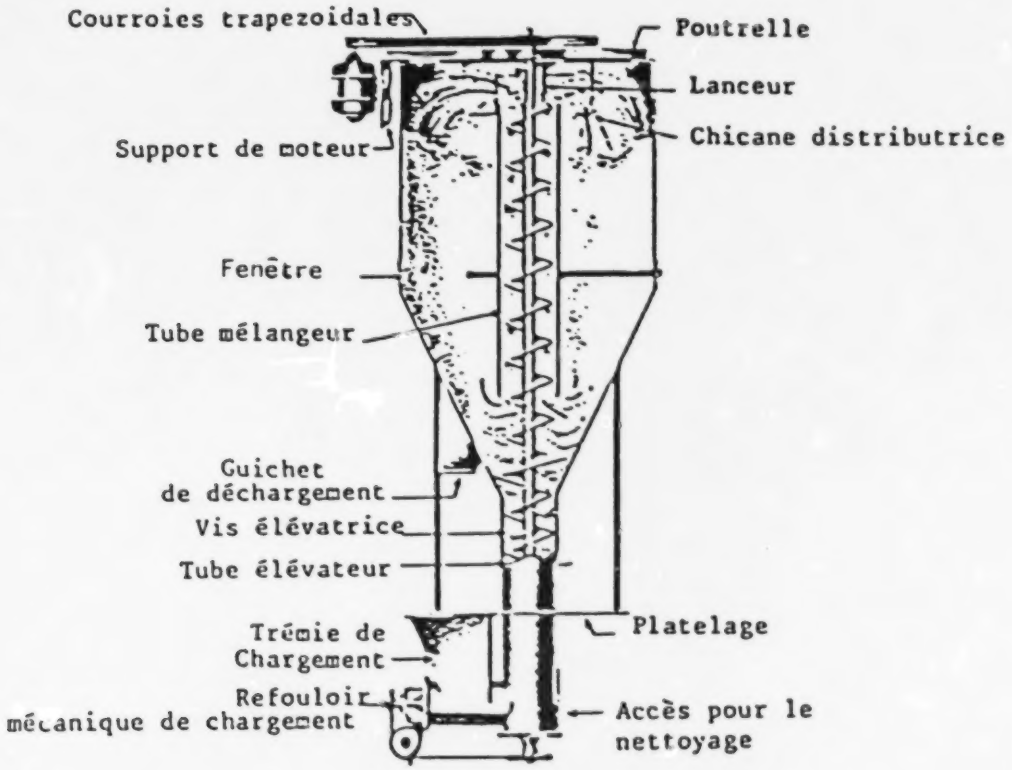


Figure 4 - MELANGEUR VERTICAL

Comme il est très grand, le mélangeur vertical peut ne pas trouver place dans des bâtiments existants. Il convient plutôt mal au brassage des moulées à base de produits prémélangés, en plus de s'engorger fréquemment lorsque les apports sont mouillés ou humides. Si le mélange doit renfermer des ingrédients dangereux, l'urée entre autres, le produit déchargé au cours des 15 premières secondes ne doit pas servir à l'alimentation puisque, selon toute probabilité il en contiendra une

proportion indésirable (effet de la ségrégation) pouvant engendrer des effets néfastes. Le mélangeur vertical a pour avantage particulier de pouvoir être nettoyé à fond s'il est muni d'un guichet de déchargement par le fond, de sorte que le danger de contamination des lots successifs, par la présence de matières toxiques restantes est réduit considérablement.

Mélangeur horizontal - Ce type de mélangeur est fait d'un bac en acier qui a la forme d'une lettre U. Dans ce bac, les ingrédients sont mélangés à l'aide d'agitateurs dont la vitesse de rotation peut varier entre 10 et 50 tr/min. L'agencement et l'entrecroisement de ces derniers sont des plus importants dans l'efficacité du brassage. L'agitateur à rubans hélicoidaux, bien qu'il soit difficile à nettoyer, est préférable aux pales et aux vis.

Le mélangeur horizontal peut servir dans tous les élevages, quelle que soit leur envergure. Il a la préférence lorsque la formulation prévoit l'incorporation d'ingrédients liquides. L'apport du liquide se fait sans difficulté à l'aide d'une rampe d'apport munie de gicleurs. Le mélangeur horizontal donne un produit plus uniforme que le mélangeur vertical, de sorte qu'il est idéal pour incorporer à fond des compléments minéraux et antibiotiques.

La durée du brassage, une fois le dernier des ingrédients ajouté au reste, est de l'ordre de 5 à 10 minutes. Pour obtenir le même rendement que le modèle vertical, il faudrait de plus petits mélangeurs horizontaux, bien qu'il leur faille des moteurs d'une puissance de beaucoup supérieure à celle nécessaire pour entraîner les mélangeurs verticaux. Un moteur de 7 à 10 hp pourrait facilement faire fonctionner un mélangeur d'une demi tonne. Le principal inconvénient du mélangeur horizontal réside dans le fait qu'il n'y a pas moyen de le vider à fond, de sorte que le danger de contamination des lots successifs est très élevé.

Ensembles broyeur-mélangeur

La plupart des entreprises du domaine fabriquent des ensembles broyeur-mélangeur. Dans leur forme la plus simple, ils sont faits d'un broyeur et d'un mélangeur montés dans un châssis commun en acier de faible encombrement. Celui de la figure 5 comprend un mélangeur vertical

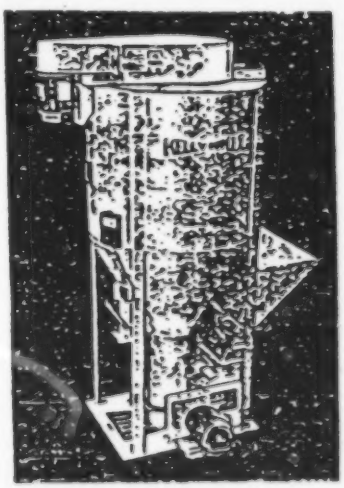


Figure 5 - ENSEMBLE BROYEUR A MARTEAUX ET MELANGEUR VERTICAL

surmonté d'un broyeur à marteaux. Il est muni de deux trémies de chargement : l'une mène au broyeur et l'autre aboutit directement dans le mélangeur. Ce modèle n'a pas de balance, de sorte qu'il faut peser individuellement chaque ingrédient avant d'en alimenter le système. Le pesage préliminaire peut être simplifié grâce à la trémie peseuse de la figure 6 montée en tête de l'ensemble. Dans un système du genre, le grain est déversé dans la trémie peseuse a partir d'une cellule en surplomb. Une fois la quantité voulue de grain pesée, une vis sans fin à vitesse variable fait passer le grain au broyeur à marteaux qui, à son tour, décharge la mouture dans le mélangeur. Le supplément est ajouté séparément dans le mélangeur, sans passer par le broyeur.

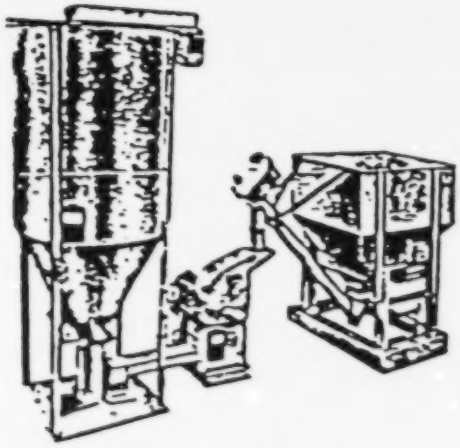


Figure 6 - MELANGEUR VERTICAL A TREMIE PESEUSE

Le système de transformation en lots illustré à la figure 7 est plus polyvalent. Il est muni d'une trémie peseuse à cadran qui permet la lecture du poids de chaque ingrédient. Toutes les vrilles d'apport d'ingrédients surplombent cette trémie, ce qui rend le chargement d'autant plus facile. Le système comprend, en outre, un bac à réserve d'où peut être tiré le grain broyé, advenant une panne de broyeur. Tel qu'il est illustré, cet ensemble n'a rien en matière d'automatismes et appelle donc une intervention manuelle considérable pour donner son plein rendement.

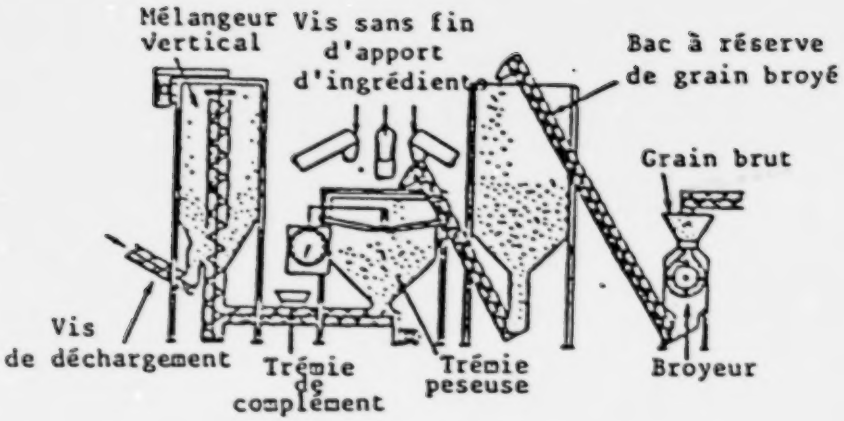


Figure 7 - SYSTEME GRAVIMETRIQUE DE PREPARATION DE LOTS

Dans le système de la figure 8, le mélangeur horizontal prend la place de son équivalent vertical. Les cellules de chargement sont logées entre le mélangeur et le châssis en acier, ce qui permet le pesage des ingrédientsdirectement à l'intérieur du mélangeur. Le broyeur à marteaux

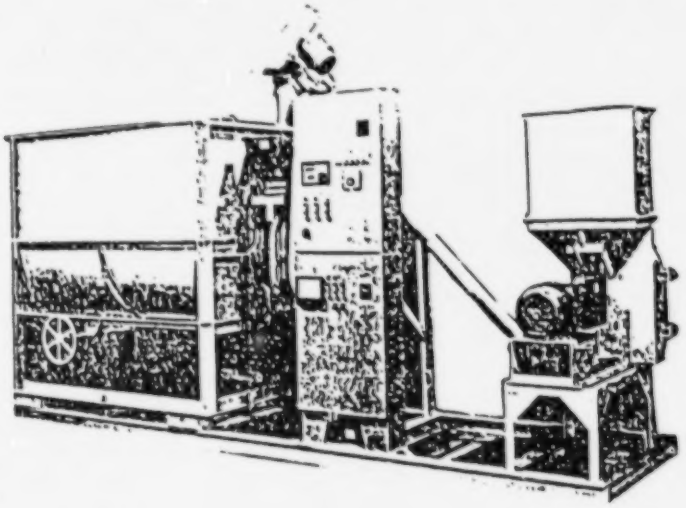


Figure 8 - SYSTEME GRAVIMETRIQUE A MELANGEUR DE LOTS HORIZONTAL

occupe le même châssis et il est muni d'un convoyeur de déchargement qui transporte directement le produit broyé vers le mélangeur et l'y déverse. L'ensemble comporte un certain degré d'automatisation, ce qui réduit le recours à la main-d'oeuvre. Un microprocesseur, logé entre le broyeur et le mélangeur, assure automatiquement le pesage de chaque ingrédient de la formulation.

Si la formule alimentaire comprend des oligo-éléments, il faut des systèmes plus complexes qui possèdent des broyeurs à marteaux et des mélangeurs verticaux. Certains peuvent recevoir 4 oligo-éléments et en accommoder 8. Quoi qu'il en soit, ces compléments sont pré-pesés et déversés à petite dose dans la goulotte de la vis d'alimentation du mélangeur. Ainsi, le produit mélangé est bien plus uniforme. Les systèmes du genre sont automatisés à l'extrême et ils peuvent fonctionner sans surveillance. Leur mémoire informatique contient les différentes formulations qui peuvent être rappelées en un clin d'oeil. Les systèmes complètement automatisés du genre appellent nécessairement une mise de fonds considérable.

Le principal inconvénient d'un quelconque système fixe réside dans le besoin d'une forte main d'oeuvre. Il faut, en tout temps, quelqu'un pour peser les ingrédients et veiller au fonctionnement de l'installation. Certaines entreprises fabriquent des systèmes un peu automatisés qui font recours à moins de main d'oeuvre, au prix d'une mise de fonds plus considérable. Pour certains élevages, un ensemble broyeur-mélangeur portatif, muni d'une prise de force et d'une balance peut donner le même rendement qu'un système fixe sans pour autant nécessiter le degré de planification et de conception qu'il faut pour combiner les divers éléments propres à ce dernier type de système.

Broyeur-mélangeur roulable - Ce genre de matériel combine le broyeur et le mélangeur en un tout compact. Le broyeur de grains peut être du type à marteaux, à cylindres ou à meules, mais ceux à cylindres sont d'usage le plus courant. Il reste que ceux à marteaux peuvent déchiqueter le foin. Ces ensembles sont généralement montés sur une remorque et tirés par un tracteur. Ils ont un mécanisme de prise de force conçu pour l'accouplement à l'arbre menant d'un tracteur de 40 à 60 hp. Pour des ensembles plus gros, il se peut qu'il faille une puissance allant jusqu'à 100 hp. Un ensemble type de broyeur-mélangeur roulable parait à la figure 9. Il est fait d'un broyeur à cylindres et d'un mélangeur vertical et muni d'une vis d'alimentation pivotante pour faciliter le chargement et d'une vis de vidage.

Les ingrédients proviennent de divers lieux de stockage et sont pesés à tour de rôle avant d'être transformés en un même lot. Les suppléments ne doivent être ajoutés au mélangeur qu'une fois ce dernier rempli de grain à 5 % de sa contenance. Une fois ajoutés tous les ingrédients, il faut de 15 à 20 minutes pour parfaire le

mélange. S'il s'agit de combiner des grains et du foin, la durée doit être légèrement réduite (10 à 15 minutes), faute de quoi il y a risque de séparation des composants du mélange.

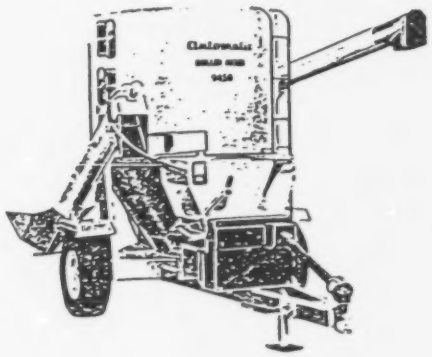


Figure 9 - BROYEUR MELANGEUR ROULABLE POUR ELEVAGE DE PORCINS OU DE VOLAILLES

D'élevage en élevage, il y a des variantes aux modalités d'apport, de broyage et de mélange selon les lieux de stockage des ingrédients. Dans le cas de certains ensembles, comme celui de la figure 10, le chargement se fait à l'aide d'une courroie transporteuse à chaînes et lattes. Un mélangeur horizontal prend la

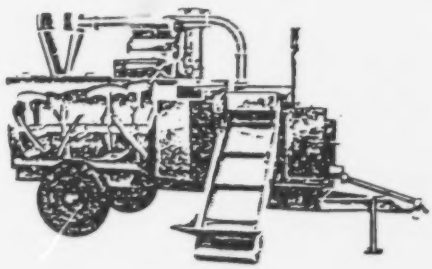


Figure 10 - BROYEUR MELANGEUR ROULABLE POUR ELEVAGE DE BOVINS LAITIERS

place du mélangeur vertical classique. Cette version modifiée est d'une utilité toute particulière lorsqu'il s'agit de manutentionner le foin en balles utilisé dans les programmes alimentaires pour bovins.

Les ensembles compacts peuvent être munis d'autres accessoires dont la rampe d'apport de mélasse ou d'ingrédients liquides, les aimants de captage d'objets en métal et les fenêtres d'inspection. Une trémie d'apport de supplément protéique est souhaitable parce que ce produit ne devrait pas passer par le broyeur. Les balances électroniques, les trémies à forte contenance et les vrilles à commande hydraulique accroissent la fiabilité des ensembles compacts, en plus de réduire la main d'oeuvre et la durée de transformation. Un déchiqueteur d'épis de mais peut être installé en amont du broyeur à cylindres classique pour égrener et déchiqueter les épis. Lorsque l'on choisit le broyeur-mélangeur qui convient à nos besoins, on doit soupeser les avantages que procurent les options supplémentaires avec l'augmentation des coûts d'immobilisation.

A l'achat d'un ensemble du genre, la portabilité et la polyvalence sont les principaux avantages à considérer. Il offre une solution idéale dans le cas des élevages dont les installations de stockage se trouvent à bonne distance des aires d'alimentation. Les ensemble roulables sont particulièrement utiles aux éleveurs locataires puisqu'ils peuvent être remorqués d'une exploitation à l'autre. Ils peuvent également servir en partage avec d'autres éleveurs, ce qui a pour effet de réduire les coûts. Au contraire d'autres systèmes, ils peuvent être adaptés à la manutention et le broyage du foin indispensable au régime alimentaire des ruminants.

Les broyeurs-mélangeurs roulables occasionnent des frais de main-d'oeuvre et d'exploitation plus élevés, ce qui constitue leur principal désavantage. La transformation appelle l'intervention continue d'un opérateur et d'un tracteur. Le coût d'achat d'un tracteur à cette seule fin doit donc entrer en ligne de compte. Un autre inconvénient réside dans le fait que la panne d'une partie de l'ensemble peut signifier celle du tout. Il faut, en outre, que les cellules de stockage soient dotées d'installations de déchargement adéquates et, en hiver, que les chemins d'accès soient solides.

Broyeur-mélangeur électrique automatique - Le broyeur-mélangeur électrique automatique est un bon exemple de système à débit continu. Il donne des mélanges aux ingrédients précisément dosés, mais il lui faut des dispositifs d'apport distincts. La figure 11 est une représentation de l'ensemble type pour deux ingrédients, qui comprend deux trémies de dosage en sommet du broyeur à marteaux. Les mécanismes d'apport consistent en deux vis d'alimentation dont le régime de rotation variable est commandé par des organes de régulation en façade des trémies. L'une de ces trémies mène au broyeur tandis que l'autre débouche sur une dérivation de manière à

éviter la réduction inutile du volume de certains ingrédients spécifiques. L'ensemble à cinq trémies pouvant accommoder une variété d'ingrédients est également disponible.

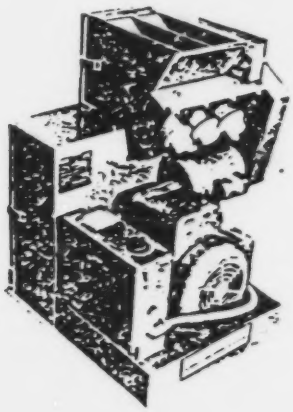


Figure 11 - BROYEUR-MELANGEUR ELECTRIQUE AUTOMATIQUE A DEUX TREMIES

Le rendement des broyeurs-mélangeurs à dosage automatique va de 0,3 à 3 tonnes par heure et il est essentiellement fonction de la puissance du moteur, du maillage du crible et du degré d'humidité des graines. La figure 12 fait état des rapports de rendement/maillage de crible avec différentes puissances de moteur , mais comme il n'est pas tenu compte du facteur humidité, ces données sont purement comparatives. Les rendements cités à la figure 12 augmentent proportionnellement au maillage et à la puissance des moteurs. La figure 13 nous apprend toutefois que, pour un maillage donné, il n'existe pas de corrélation très nette entre le rendement et le degré d'humidité.

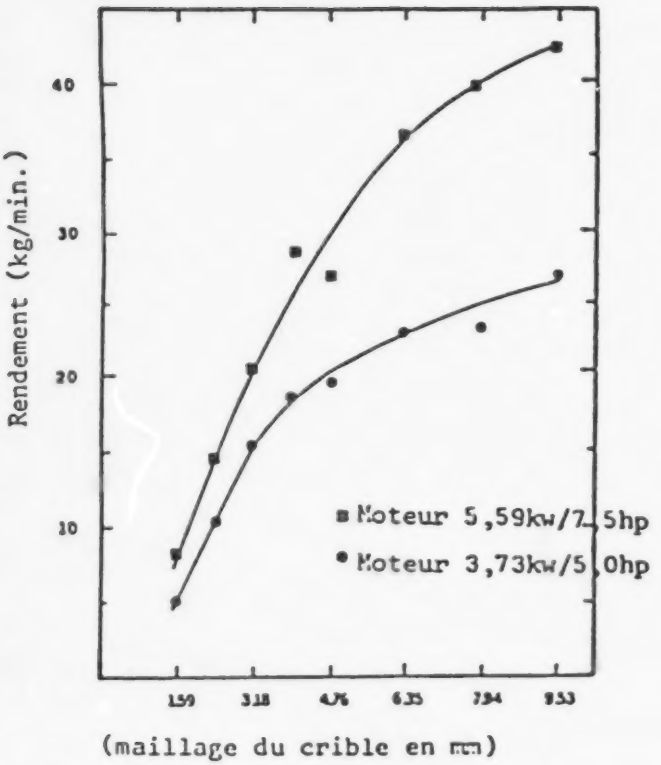


Figure 12 - RAPPORT DE RENDEMENT/ MAILLAGE DE CRIBLE POUR MOTEURS DE DIVERSES PUISSANCES

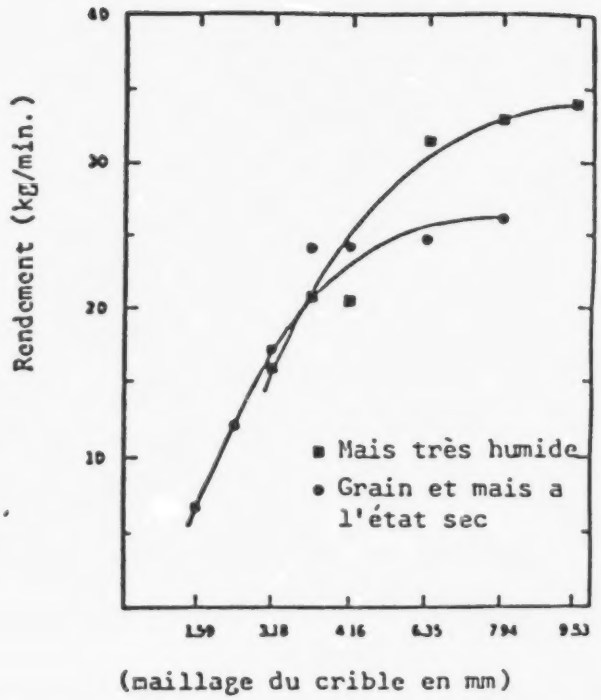


Figure 13 - RAPPORT DE RENDEMENT MAILLAGE DE CRIBLE POUR DIVERS ETATS DE GRAINS

Pour tirer plein avantage de l'ensemble volumétrique à débit continu, il faut d'amples réserves de grains et en supplément, logées dans des cellules de chargement en surplomb. Une possibilité serait une installation du genre dont les composantes du mélange tomberaient par gravité directement des cellules des trémies de dosage a la section ou s'effectuent les mélanges. Une autre option serait d'alimenter la moulange en ingrédients par des petits convoyeurs, à partir de réservoirs et de cellules de stockage au niveau du sol, à l'extérieur du bâtiment où est située la moulange . La trémie réceptrice du mélange doit toutefois être remplacée par une cellule de stockage des aliments complets afin qu'il n'en manque pas en cas de panne ou d'arrêt à des fins d'entretien.

La plupart des ensembles sont dotés d'accessoires, les plus importants parmi ces derniers consistant en interrupteurs sensibles aux pressions destinés à provoquer l'arrêt automatique de l'ensemble lorsqu'un ingrédient vient à manquer. Il existe d'autres accessoires de commande facultatifs, comme des minuteries et des interrupteurs manométriques qui ont pour rôle de couper court au fonctionnement de l'ensemble une fois les céréales fourragères préparées en quantités voulues.

Le broyeur-mélangeur automatique a pour principal avantage de faire le travail sans une surveillance suivie, d'où des frais moindres en matière de main d'oeuvre, et de consommer moins d'énergie puisqu'il lui faut un moteur moins puissant. Il est peu encombrant, ce qui permet son remisage dans les bâtiments en place. Il en coûte peu pour le réparer et son fonctionnement est des plus fiables.

Il est rare que ce type d'appareil puisse transformer le foin de sorte qu'il ne peut servir à la préparation des aliments pour les ruminants. De plus, son implantation doit être soigneusement calculée : les réserves d'ingrédients doivent être bien situées sans quoi l'automatisation devient moins avantageuse. Il est difficile de l'adapter aux systèmes d'entreposage existant si la distance entre eux est trop grande. L'inconvénient majeur de l'ensemble réside dans le fait que son chargement est de nature volumétrique, ce qui fait obstacle à l'uniformité des mélanges étant donné que les densités varient d'un lot d'ingrédients à l'autre. Une mise au point soigneuse et suivie de l'ensemble devrait permettre de surmonter, du moins en partie, ce genre de difficulté. A l'heure qu'il est, plusieurs fabricants en sont à l'étape de la conception d'une version gravimétrique de l'ensemble électrique. Celle-ci donnerait des mélanges plus uniformes mais, à l'acquisition, elle coûterait le triple du système volumétrique classique.

MATERIEL DE STOCKAGE

STOCKAGE DE CEREALES ET DES MATIERES PROTEIQUES

Silos en acier - Les cellules de stockage du genre sont généralement de forme cylindrique et leurs contenances peuvent aller de 3 à 400 tonnes. Etant faites d'acier, elles ne peuvent brûler et interdisent l'accès aux rongeurs. La plupart peuvent être facilement munies d'un plancher perforé d'aération et de séchage. Rien ne s'oppose au recours à des silos de forme rectangulaire, mais il faut que leurs parois soient rigidifiées. Les silos à parois latérales en pente vers l'intérieur ont l'avantage de faciliter l'écoulement du contenu au moment du déchargement et il est fort possible qu'ils n'aient nul besoin d'armatures additionnelles. L'extraction du contenu des compartiments rectangulaires peut se faire par voie mécanique, bien que leur forme ne s'y prête pas autant que celle des cellules cylindriques. Quoi qu'il en soit, toutes les structures en acier doivent être solidement ancrées au sol pour que soient limités au minimum les dommages causés par les rafales. Elles doivent être remplies et vidées par le centre pour prévenir le gauchissement des parois. Les silos à fond plan dressés à même le sol, comme ceux de la figure 14, conviennent tout à fait au stockage des grains, en plus d'être les structures en acier les moins coûteuses à cette fin

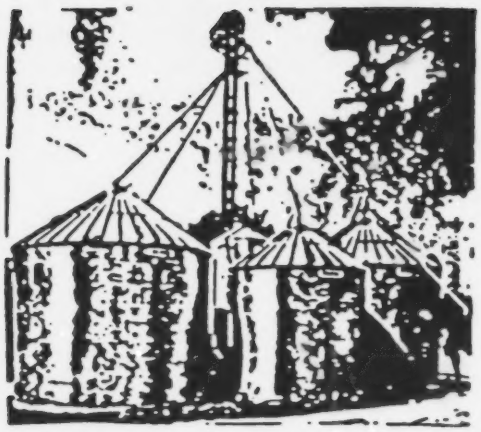


Figure 14 - SILOS A FOND PLAN DRESSES A MEME LE SOL

Les silos à fond en trémie assis à même le sol servent habituellement au stockage de farine de soja (source de protéines), mais rien n'empêche qu'ils conviennent pour le stockage de tous les types de grains, d'aliments concentrés ou de provendes, pour autant qu'il n'en faut qu'en minces quantités. La figure 15 est une représentation d'un silo type à fond en forme d'entonnoir. A

Figure 15 - SILO A FOND EN TREMIE

l'acquisition, il coûte de deux à trois fois ce que coûterait un silo à fond plan, ce qui le rend prohibitif pour le stockage d'énormes quantités de grain. Il doit être conçu et construit en fonction des caractéristiques de masse et d'écoulement de son contenu. Les différences d'un modèle à l'autre se situent au niveau de leurs systèmes de déchargement. Il en existe deux : le déchargement par le centre et le déchargement latéral (figure 16).

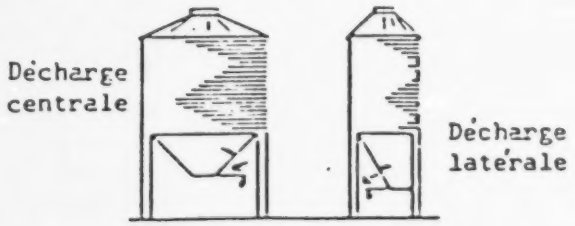


Figure 16 - DEUX TYPES DE SILOS A FOND EN TREMIE

Le stockage des grains peut se faire indifféremment dans l'une ou l'autre de ces deux versions, mais la pente de l'entonnoir doit être de l'ordre d'au moins 45 degrés. Si, par contre, les provendes renferment de la farine de soja ou de la mélasse, la pente de la trémie de déchargement doit accuser au moins 60 degrés pour qu'elles coulent plus librement. La pente plus prononcée ne s'impose toutefois pas dans le cas des silos qui renferment des dispositifs mécaniques destinés à empêcher l'agglomération du contenu. Il s'agit, en l'occurrence, de chaînes suspendues d'un tuyau vertical rotatif. Les fabricants ont tenté le recours à des mécanismes vibratoires, mais sans succès. Le principal inconvénient des silos à décharge latérale réside dans le fait que toute la masse du contenu porte sur leur paroi, ce qui limite leur contenance maximale à 20 tonnes. Les aliments complets, bien qu'ils coulent mieux que la farine de soja, devraient néanmoins être stockés dans des silos dont l'entonnoir est fait à pente de 60 degrés.

Les silos à fond en pente sont avantageux là où le remplissage et le vidage ont lieu à répétition, et là où le contenu doit être vidé à fond, dans le cas de stockages successifs de deux matières différentes, afin que l'une n'aille pas contaminer l'autre. Ils garantissent également la fraîcheur des produits par l'absence de restes altérés des lots précédents.

Les silos en surplomb sont les plus pratiques pour le stockage des mélanges tout prêts, ou pour l'apport d'ingrédients par gravité des systèmes de transformation. A contenance égale, ils coûtent à peu près le double des silos à fond en trémies. A cause de l'énorme mise de fonds qu'ils occasionnent, leur emploi doit

notamment entraîner une économie de main-d'oeuvre et un rendement alimentaire accru. L'utilisation de silos en surplomb est normalement combinée à celle d'autres installations d'emmagasinage. Le grain peut, par exemple, être déversé d'abord dans un silo de stockage à fond plan pour être ensuite transféré, selon les besoins, par vis sans fin, à un silo de chargement en surplomb. Dans le cas des ensembles à dosage volumétrique, leur chargement peut se faire à partir des silos en surplomb pour alimenter directement en ingrédients la moulange proportionnée.

Les silos de stockage en acier doivent avoir un revêtement protecteur lorsqu'ils sont appelés à contenir des grains qui ont été traités avec une substance acide. Leurs faces intérieures peuvent être soit enduites d'une peinture spéciale, soit garnies d'un chemisage étanche en matière plastique. Un enduit à base d'époxy, pour les faces internes, fera beaucoup pour combattre la corrosion de l'acier. Des mesures de protection du genre sont choses courantes pour le stockage de matières minérales comme le calcium, le phosphore et le sel. Tous les produits anticorrosion pour silos en acier sont fort répandus dans le commerce.

Silos en bois - Les silos en bois peuvent avoir toutes sortes de formes géométriques; ceux qui sont circulaires sont cependant plus commodes. Les silos de forme géométrique plutôt rectangulaire ne peuvent pas être automatisés et demandent un surcroit de main-d'oeuvre pour le chargement et le déchargement. Les silos de structure circulaire et au toit en forme d'arche disposent d'un mécanisme complet. Pour plus de puissance, les silos en bois peuvent être adaptés à des cadres de soutien métalliques. Le seul avantage des silos en bois réside au niveau de la modicité du prix d'achat. Ils sont bien moins durables et beaucoup plus difficiles à maintenir en bon état que ne le sont les silos en acier. Le bois est un matériau très combustible et il résiste fort mal aux attaques des rongeurs, qui peuvent dévorer d'énormes quantités de grains. Le recours aux silos en bois est donc à déconseiller malgré leur bas prix à l'acquisition.

Ensilage de fourrages verts - Les fourrages verts ensilés sont à la base du régime alimentaire des ruminants. Leur stockage peut se faire dans des silos-couloirs horizontaux, des silos verticaux (à circulation d'oxygène libre ou restreinte), ou dans des sacs d'ensilage à double paroi.

Les silos horizontaux sont très répandus car ils ne requièrent qu'un minimum d'accessoires supplémentaires pour les remplir et les vider. Ils peuvent être faits de terre, de béton ou de bois. Il peut s'agir d'une simple fosse à flanc de colline, ou de deux murs de soutènement en béton à contreforts. Dans un cas comme dans l'autre, un fond en béton facilite le déchargement. En lieu et place des murs en béton, il peut y avoir des murs en bois traité. La face intérieure des murs en bois doit être revêtue d'une pellicule de polyéthylène vaporifuge. Les silos horizontaux s'aménagent à peu de frais et leur remplissage se fait sans recours à une souffleuse. La perte en produits stockés peut toutefois atteindre 20 pour cent et ce

genre d'installation est peu propice à la mécanisation. Il faut, en outre,

une aire assez considérable pour leur aménagement.

Les silos verticaux (ou silos-tours) sont généralement faits de béton coulé en place, sinon de douves de béton préfaçonnées, encerclées de forts feuillards en acier. Les silos à douves de bois, bien qu'ils coûtent moins cher, ont leurs inconvénients. Une maintenance suivie permet de limiter les pertes à moins de 10 pour cent pour ce type de silo. Le principal avantage de silos verticaux réside dans le fait qu'ils peuvent être facilement munis de mécanismes de chargement et de déchargement.

Stockage à circulation d'oxygène réduite - Le silo à circulation d'oxygène réduite est une structure verticale parfaitement étanche à l'air, doublée d'un dispositif mécanique distinct visant l'aération interne dans des conditions contrôlées, ce qui a pour effet de permettre l'ensilage avec un minimum de pertes et de dégradation du contenu.

Les fourrages verts et les grains fermentent, ce qui consomme l'oxygène et engendre du bioxyde de carbone. De ce fait, l'atmosphère interne contient du bioxyde de carbone en forte concentration. La carence en oxygène empêche la détérioration du contenu. Il importe donc que la structure soit parfaitement étanchée pour interdire une trop forte infiltration de l'oxygène.

Mais il n'y a pas que l'hémerticité. Il faut un mécanisme d'équilibrage des pressions parce qu'elles fluctuent à l'usage du silo. A mesure qu'il est vidé par le fond, une dépression prend naissance au sommet du contenu, d'où le risque de gauchissement de la paroi du silo. Les fortes fluctuations de température peuvent, elles aussi, affecter les changements de pression à l'intérieur du silo parce que les gaz qu'il renferme peuvent se dilater et se contracter.

Il y a diverses méthodes d'équilibrage des pressions d'un silo. La plupart de ces derniers sont garnis d'une valve de détente à deux sens, vue à la figure 17 qui sert à l'échappement de gaz lorsque la

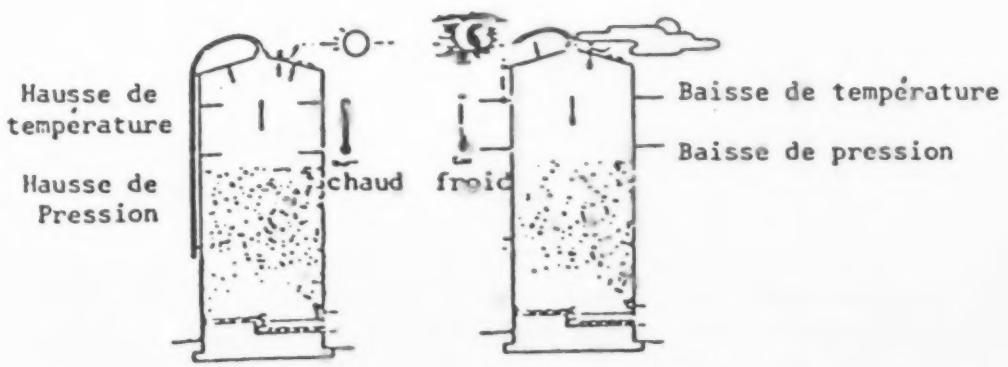


Figure 17 - VALVE DE DETENTE A DEUX SENS POUR L'EQUILIBRAGE DES PRESSIONS

pression interne devient trop forte et à l'adduction d'air lorsqu'elle baisse à moins de la pression externe. Certains fabricants munissent leurs silos de 'systèmes respiratoires' secondaires pour mieux interdire encore l'infiltration d'oxygène. L'une des versions consiste en d'énormes sacs de plastique, du genre de ceux de la figure 18, suspendus à l'intérieur du silo à partir du toit. Les sacs se gonflent et se dégonflent selon les variations de pression.

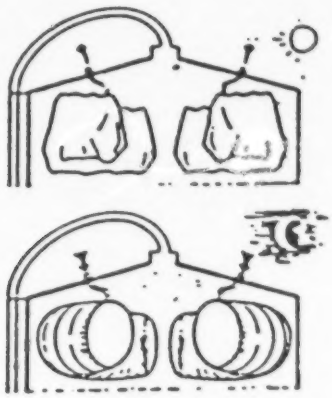


Figure 18 - SYSTEME RESPIRATOIRE SECONDAIRE A SACS SUSPENDUS DANS LE SILO A PARTIR DE SON TOIT

Selon une autre version, celle de la figure 19, les sacs sont logés dans des cellules intégrées à la fondation du silo. Une série de chambres à air, du genre de celles de la figure 20, peut jouer

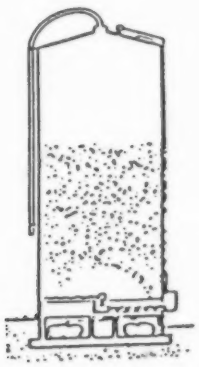


Figure 19 - SYSTEME RESPIRATOIRE A SACS LOGES DANS DES CELLULES INTEGREES A LA FONDATION DU SILO

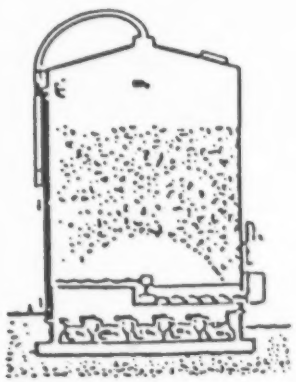


Figure 20 SYSTEME RESPIRATOIRE A CHAMBRES INTEGREES A LA FONDATION DU SILO

le rôle des sacs. Elles sont reliées entre elles par une tuyauterie qui aboutit dans la partie supérieure du silo. Les gaz emprisonnés au sommet de la matière ensilée peuvent circuler du haut vers le bas et vice-versa, pour équilibrer les pressions. Les systèmes dits 'respiratoires' ont pour principal avantage d'interdire au maximum le contact entre l'oxygène et la matière stockée.

Les silos à circulation réduite d'oxygène sont faits surtout de trois matériaux de base : l'acier, le béton et la fibre de verre. Dans le cas de l'acier, le matériau est soit inoxydable, soit galvanisé, soit protégé par aluminage. Les sections sont boulonnées l'une à l'autre dont un agent de scellage assure l'étanchéité des joints. La face interne du silo est revêtue d'un enduit qui la protège de la corrosion au contact de son contenu humide. Il y a également les silos en béton faits de sections préfabriquées ou coulés en place. L'un des ennuis propres aux silos en béton réside dans le fait que ce matériau n'est pas parfaitement étanche aux gaz.

A moins que leur face interne ne soit revêtue d'une couche d'époxy, il y aura échange de bioxyde de carbone et d'air par les pores du béton. Tout récemment, on a combiné au mur de silos faits de douves en béton précontraint une doublure étanche aux gaz. Les silos en fibre de verre réduisent la corrosion, en plus d'éliminer les difficultés propres à d'autres matériaux mais, pour le moment, leur coût prohibitif laisse libre jeu à la concurrence.

Le système d'entreposage avec des sacs scellés à parois doubles peut servir d'entrepôt aux fourrages verts et aux céréales très humides. Ce genre de système évite les frais d'emmagasinage supplémentaires en cas de volumes de stockage additionnels à l'appui de systèmes en place. En effet, ces sacs de plastique remplacent avantageusement des silos additionnels et peuvent contenir jusqu'à 110 tonnes.

Le stockage à circulation réduite d'oxygène a pour principal avantage d'assurer un milieu peu propice à la détérioration des aliments à forte teneur en eau. Ainsi, les grains très humides de maïs et d'orge, par exemple, peuvent passer au stockage sans d'abord être séchés à fort coût, ce qui peu être extrêmement avantageux si les récoltes sont abondantes. Bien que ce système permette de limiter les pertes à moins de 5 pour cent, il ne faut toutefois pas oublier que la mise de fonds est énorme et que, par conséquent, elle ne vaut que pour les exploitations de forte envergure.

Emplacement des silos - Un silo, de quelque type qu'il soit, doit être situé aussi près que possible du lieu d'alimentation des animaux afin de réduire au minimum le coût de convoyage des céréales fourrageres. S'il faut plus d'un silo, la distance qui les sépare doit être de l'ordre d'au moins un diamètre de silo. Ainsi, il y aura l'espace voulu pour le chargement et le déchargement et leurs masses conjuguées n'auront pas tendance à provoquer l'affaissement du sol à lendroit de leurs assises. Comme les silos horizontaux ne sont pas adaptés à l'alimentation automatique, leur emplacement importe peu. Il reste que leur proximité du lieu d'alimentation des

ruminants demeure la solution la plus logique et la plus pratique. Les suggestions qui précèdent relatives à l'emplacement des silos devraient servir de guide à l'implantation d'un système tout neuf. S'il fallait agrandir un système en place, le recours à des convoyeurs additionnels deviendrait inévitable.

L'EXCEPTIONNEL

Pelletisation

Depuis nombre d'années, les fabricants de provendes laissent aux éleveurs le choix d'un régime fourrager sous forme de mouture ou de pellets (pour leurs animaux). L'avantage du recours aux agglomérés réside dans le fait qu'ils peuvent assurer une meilleure nutrition, réduisent la poussière, sont faciles d'emploi et rendent les aliments plus homogènes. Comme il est possible que les pellets accroissent l'efficacité alimentaire, constituent une meilleure source d'énergie et améliorent le taux de croissance des animaux, la pelletisation à la ferme devient une solution non négligeable pour les grands élevages.

Les résultats des recherches en matières d'avantages quantitatifs ont prouvé que, pour les porcins, l'efficacité alimentaire accrue des pellets est de l'ordre de 2 à 5 pour cent. L'écart des pourcentages correspond à la diversité des mélanges d'ingrédients possibles. Il est fort possible que la légère augmentation constatée soit imputable à la digestibilité accrue des aliments et/ou à la réduction des pertes. On n'a pas constaté de changement digne de mention dans le rendement des volailles pondeuses nourries avec des pellets.

D'après les résultats constatés, il ne semble pas que l'agglomération des pellets sur le lieu de l'élevage soit rentable. Dans le meilleur des cas, la raison d'être de la pelletisation des rations de maïs et de soja serait bien difficile à justifier. Mieux vaut donc s'en tenir à l'acquisition d'aliments complets agglomérés par le fabricant.

Graines de soja torréfiées ou farine de soja

Dans tous les régimes alimentaires pour animaux il faut des protéines. La plupart des éleveurs qui font leurs propres mélanges se sont servis de farine de tourteau de soja comme source de protéines. Dans bien des cas, l'éleveur vendait les fèves soja qu'il avait lui-même produites à une entreprise de transformation pour les racheter ensuite sous forme de farine qui lui coûtait de 18 à 60 $ de plus la tonne. Or, la qualité du produit racheté était inférieure à celle du produit brut parce que, à la transformation, on en avait extrait de l'huile, de la lécithine et des matières grasses. En valeur nutritive, une tonne de fèves de soja équivaut à

une tonne de farine de soja à 44 pour cent combinée à une demi-tonne de maïs, tandis que, du point de vue biologique, l'écart est encore plus considérable.

L'éleveur n'avait d'autre choix parce que, pour diverses raisons, il ne pouvait nourrir ses animaux avec le produit brut. Ce dernier renferme deux agents toxiques sous forme d'enzymes, soit l'uréase et la lipoxydase. Le premier, en mélange avec l'urée, en provoque l'hydrolyse et la convertit en ammoniac, dont l'action chimique engendre la toxicité. La lipoxydase, pour sa part, est un agent extrêmement oxydant qui, en présence dans les fèves brutes, accélère l'oxydation des composantes nutritives et fait obstacle à la croissance des animaux.

La recherche entreprise vers la fin des années soixante et au début des années soixante-dix a prouvé qu'un traitement thermique adéquat (la torréfaction) des fèves soja neutralise les deux enzymes tout en débarrassant le soja de son goût amer et en lui conférant un goût de noisette très appétissant pour les animaux. Il y a désormais du matériel de torréfaction de toutes dimensions adapté aux besoins de la transformation sur place pour des élevages de différentes envergures. Ainsi, les éleveurs qui ont leurs propres cultures de soja n'ont pas à le faire transformer en farine.

L'expérimentation en la matière a donné d'excellent résultats. Dans certains cas, l'économie réalisée était de l'ordre d'environ un dollar (1 $) par kilogramme de gain en poids des animaux. Lorsqu'on a remplacé la farine de soja par des fèves torréfiées, on a constaté une augmentation d'environ 4 % du taux de croissance des porcins, malgré une réduction de 10 % du régime alimentaire, et, dans les exploitations laitières, un accroissement de production pouvant aller jusqu'à 10 %.

L'installation d'un système complet muni d'organes de nettoyage, de vis transporteuses et de moteurs appelle une mise de fonds d'environ 14 000 $. Le rendement d'un ensemble du genre est de l'ordre de 680 kg/h pour le soja et de 450 kg/h pour le maïs. L'éleveur qui décide d'acquérir un tel système doit soupeser les économies réalisables dans ses coûts d'alimentation avec l'investissement en capital et la gestion additionnelle imputable à l'exploitation du système. Ce système doit être rentable et ne donnera pas le rendement escompté à moins d'une parfaite gestion.

Le principal inconvénient du système se situe au niveau du contrôle de la qualité et il est lié à l'analyse de son produit pour garantir la neutralisation absolue des enzymes. A ce jour, l'épreuve est très rudimentaire et consiste à placer les graines torréfiées dans un contenant auquel on ajoute de l'urée, puis, au bout de quinze minutes, à sentir le mélange pour détecter une odeur d'ammoniac qui signifierait que l'uréase n'est pas neutralisée. La lipoxydase est neutralisée à une température à peu près égale à celle qu'il faut pour détruire l'uréase, de sorte qu'une épreuve distincte n'est pas nécessaire.

Non seulement cette analyse est-elle très rudimentaire, mais son caractère extrêmement subjectif exclut la possibilité de détection de traces d'uréase. Il appartient donc à l'éleveur de décider si une légère odeur d'ammoniac est signe d'une teneur en uréase qui rend le produit impropre à la consommation.

Traitement de la fiente et production de méthane

Les aviculteurs qui font l'élevage de 100 000 volailles ou plus peuvent réaliser des économies considérables dérivées du traitement de la fiente, c'est-à-dire par le captage du méthane qui s'en dégage. Le gaz en question peut servir au chauffage des bâtiments qui abritent les volailles, alors que le fumier séché devient un produit vendable comme source de protéines. Le système comme tel est fait d'une cuve réceptrice qui fait office de digesteur, d'un gazogène et d'un récupérateur pour le produit alimentaire dérivé du traitement. Un système du genre devrait coûter environ 230 000 $. Les frais fixes d'exploitation, y compris les agents chimiques, le combustible et l'électricité s'élèveraient à quelque 56 000 $. Les estimations ont démontré que la mise de fonds pourrait être récupérée en deux ans par la production de gaz et de tourteau de protéines d'une valeur de 170 000 $. Le processus en soi n'apporte pas de solution au problème de l'élimination de la fiente puisqu'il continue d'être nécessaire de la stocker et de l'éliminer.

ANALYSE DE FAISABILITE

La décision d'entreprendre ou non le mélange à la ferme dépend du coût total de la production d'aliments du bétail sur place. Si l'agriculteur est en mesure de produire dans son exploitation des aliments à un prix inférieur à ceux vendus dans le commerce, il devrait évaluer s'il ne serait pas avantageux pour lui d'acquérir un système de transformation des aliments. Il doit également tenir compte d'autres facteurs, notamment le retour possible sur son investissement et la période de remboursement du capital investi. Il se peut que d'autres projets d'investissements, comme celui d'accroître le nombre d'animaux d'élevage, procurent un rendement plus élevé par dollar investi; la présente n'en tient cependant pas compte.

Grâce aux diverses étapes de la méthode d'analyse présentée ci-après, un agriculteur sera en mesure d'évaluer complètement la situation et de décider s'il est avantageux pour lui de produire ses propres aliments. Il a été jugé plus opportun de donner une procédure générale, étant donné que nombre des variables qui entrent dans une analyse du genre (coûts de l'équipement, coûts des ingrédients, coûts de transport et de carburant, disponibilité des ingrédients) diffèrent d'une région à l'autre du Canada. Le guide d'analyse est présenté sous forme de tableaux et de données que chaque exploitant peut adapter à sa situation particulière. Les

sections qui suivent indiquent comment réaliser l'étude de faisabilité et donnent des exemples de calculs.

Evaluation économique

Pour évaluer la faisabilité de la transformation des aliments à la ferme, on doit tout d'abord évaluer quantitativement les besoins alimentaires annuels. On peut le faire à l'aide du tableau 8. On obtient les besoins annuels en multipliant les besoins alimentaires par tête de bétail par le nombre d'animaux. Le tableau 2 donne des valeurs indicatives de besoins alimentaires. Elles ont été évaluées à partir d'un taux de conversion alimentaire moyen et devraient être ajustées si le système à l'étude n'a pas la même efficacité.

L'essentiel de l'évaluation économique consiste à remplir le tableau 9. Il s'agit de calculer les coûts d'exploitation du système alimentaire et de comparer les coûts de l'achat d'ingrédients et de la préparation des aliments à ceux de l'achat d'aliments complets. Nous passons maintenant à une description détaillée de la procédure et des hypothèses à utiliser lors de la préparation du tableau.

1. Prix des aliments complets -Si on envisage le mélange à la ferme des aliments du bétail, c'est pour produire des aliments à un coût plus avantageux que le prix du fabricant. Il est donc important d'obtenir les conditions commerciales les plus avantageuses possibles pour que la comparaison entre l'achat commercial et le mélange à la ferme soit valable. Un effort de recherche sérieux est

TABLEAU 8
BESOINS ALIMENTAIRES ANNUELS

Type de bétail	Nombre		Quantité aliments/tête/année kg/année		Total kg
1. Truies	30	X	1 100	=	33 000
2. Porcs pour commercialisation	960	X	280	=	266 880
3.		X		=	
4.		X		=	
5.		X		=	
			Total des besoins kg/année		301 800
			ou Total des besoins tonnes/année		300

nécessaire pour obtenir les prix les plus avantageux. Un agriculteur devrait communiquer avec plusieurs fabriques d'aliments ou fournisseurs à cette fin, tout en tenant compte des rabais et des coûts de livraison. Le producteur doit également considérer les escomptes accordés selon le volume. Quelques fabricants accorderont des escomptes supplémentaires si un certain tonnage de moulée est achetée. La possibilité de prix négociés par contrat doit également être examinée, étant donné qu'il se peut que les fabricants offrent des prix encore plus avantageux à leurs clients réguliers.

TABLEAU 9
ANALYSE ÉCONOMIQUE

1. Prix des aliments complets ($/tonne)		250,00	
2. Prix des aliments mélangés à la ferme ($/tonne)		221,60	
3. Coefficient de qualité	1,06		
4. Coefficient de pelletisation	0,98		
5. Prix corrigé des aliments mélangés à la ferme ($/tonne)		213,32	
6. MARGE ($/tonne)- ligne 1 - ligne 5		36,65	36,65
7. Coût en capital du système de mélange ($)		21,030	
8. Coût en capital du système d'emmagasinage ($)		11,865	
9. Total du capital investi ligne 7 + ligne 8		32,910	
10. Coûts d'exploitation du système de mélange ($/tonne)		19,35	
11. Coûts d'exploitation du système d'emmagasinage ($/tonne)		3,62	
12. Coûts d'exploitation totaux ($/tonne) Ligne 10 + ligne 11		22,97	22,97
13. Bénéfices nets ($/tonne) ligne 6-ligne 12			13,71
14. Rendement du capital investi $\left(\frac{\text{ligne 13 x quantité en tonnes x 100 \%}}{\text{ligne 9}}\right.$ $\frac{9,78 \times 300 \times 100}{32910} =$			12,50 %

Les chiffres du présent tableau sont donnés à des fins d'illustration et ne correspondent pas nécessairement à des résultatsindividuels. Un formulaire vierge est fourni en annexe.

Les agriculteurs qui produisent leurs propres céréales ne doivent pas négliger d'étudier la possibilité du stockage à la fabrique. Il s'agit d'une entente en vertu de laquelle l'exploitant transporte ses céréales à la fabrique d'alimentation où elles servent à la préparation de ses aliments du bétail. Le coût des ingrédients supplémentaires et du séchage des céréales est facturé par la suite à l'agriculteur. Pour calculer les prix des aliments complets selon cette méthode, l'exploitant doit ajouter la valeur marchande de ses céréales et les coûts de transport au prix exigé par le fabricant.

Après avoir étudié toutes les possibilités d'approvisionnement en aliments complets, l'exploitant doit inscrire la valeur la plus basse à la ligne 1 du tableau 9.

2. Prix des aliments mélangés à la ferme - Compte tenu de la classification des aliments donnée précédemment, il existe plusieurs possibilités de mélange à la ferme. L'exploitant peut acheter un supplément et y ajouter du mais, de l'orge (ou une autre céréale), une céréale à haute teneur en humidité ou une combinaison des éléments susmentionnés. Il peut également choisir d'acheter un

prémélange et d'y ajouter divers ingrédients protéiques et céréaliers. Dans nombre de cas, les éleveurs produisent leurs propres céréales, ce qui peut être avantageux, le coût du transport des céréales au marché étant évité et l'agriculteur n'ayant pas à se préoccuper de cet aspect de la commercialisation de son produit.

Le tableau 10 peut être très utile dans le calcul du coût des ingrédients mélangés à la ferme. Si les quantités d'ingrédients suffisent à justifier les achats en vrac, il faut prévoir un coût de transport supplémentaire de 10 $ la tonne. Dans le cas de produits

TABLEAU 10
COUT DES INGREDIENTS

Ingrédients	Prix $/tonne		Quantité/tonne d'aliments (en tonnes)		Cout ($)
1. Prémélange	508	x	0,050	=	25,40
2. Farine de soja	315	x	0,135	=	42,52
3. Mais	161	x	0,815	=	131,20
4.		x		=	
5.		x		=	
6.		x		=	
Coût de séchage :		quantité/tonne	0,815 x $15	=	12,23
Transport en vrac:		quantité/tonne	0,95 x $10	=	9,50
Transport en sacs:		quantité/tonne	0,05 x $15	=	0,75
Total cost (1 tonne)				=	225,68

Les chiffres du présent tableau sont donnés à des fins d'illustration et ne correspondent pas nécessairement à des résultats individuels. Un formulaire vierge est fourni en annexe.

ensachés, comme les minéraux, qui justifient rarement des achats en vrac (de 25 à 50 kg par tonne d'aliment) il faut prévoir un coût supplémentaire de transport de 15 $ par tonne. Etant donné que les coûts effectifs peuvent varier d'une région à l'autre du Canada, il y a lieu de les vérifier dans chaque cas. Les agriculteurs qui utilisent leurs propres céréales doivent inclure la valeur commerciale de leurs céréales dans le calcul, exclusion faite des coûts de transport. Les coûts de séchage doivent être inclus s'il y a lieu. Un coût de 15 $ par tonne est recommandé mais il y a lieu de confirmer ce chiffre. Il faut tenir compte de tout coût supplémentaire de transport ou de séchage.

3. Coefficient de qualité - Un coefficient de qualité a été intégré aux calculs comme élément de pondération de la valeur nutritionnelle et biologique des aliments. Pour déterminer la valeur d'un coefficient de qualité donné, il y a lieu de consulter un nutritionniste spécialisé en aliments du bétail.

Dans la mesure du possible, une comparaison doit être faite entre la formule du mélange commercial et celle du mélange à la ferme proposé. La qualité de référence étant représentée par l'aliment commercial complet, auquel on donne la cote de 1,00, le nutritionniste peut donner aux aliments proposés une cote d'équivalence nutritionnelle et biologique, qui pourrait être inférieure ou supérieure à 1,00. Par exemple, si le maïs entre dans la composition d'un aliment fabriqué, on pourrait attribuer au mélange une cote de 1,06, étant donné que le maïs a une faible teneur en fibres et une forte teneur en énergie. Si la formule alimentaire spécifie de l'orge plutôt que du maïs, on attribuerait plutôt une cote de 0,93. Si on utilise du maïs très humide, la cote serait également inférieure à 1,06, étant donné qu'il faudrait la corriger à la baisse pour tenir compte de l'humidité. Le prix définitif des aliments mélangés à la ferme est obtenu en divisant le coût des ingrédients alimentaires par le coefficient de qualité retenu. Ainsi, l'étude de faisabilité tient compte aussi bien de la valeur nutritionnelle des aliments commerciaux que de celle des aliments mélangés à la ferme.

Certains fabricants, qui sont à la fois fournisseurs d'aliments complets et fournisseurs de suppléments, pourraient fournir à l'agriculteur des coefficients de qualité nutritionnelle qui permettraient de comparer leurs aliments complets aux aliments fabriqués à la ferme avec leurs suppléments. Il serait ainsi possible d'éviter les frais supplémentaires de consultation d'un nutritionniste.

Le facteur de qualité dont il a été question traduit des caractéristiques nutritionnelles des aliments mais ne prend pas en considération les variations de procédures de mélange ou de formules alimentaires que peut occasionner le mélange des aliments sur place.

4. Coefficient de pelletisation - Selon des études, il semble avantageux de nourrir certains animaux avec des aliments agglomérés sous forme de pellets. Dans le cas des porcs, notamment, on a constaté une augmentation de 3 à 4 % de la croissance, à consommation égale. Comparativement aux aliments complets commerciaux agglomérés, les moutures préparées à la ferme se verraient attribuer une cote de 0,95 à 0,99. Dans le cas des volailles pondeuses, la pelletisation n'a pas amélioré de façon significative les résultats de croissance, comparativement aux moutures. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte du coefficient de pelletisation dans ce cas. Si des aliments mélangés à la ferme sont préparés sous forme de pellets, on ne doit pas tenir compte du facteur de pelletisation à moins de les comparer à une mouture de mélange commercial complet. Dans pareil cas, si des aliments sont destinés à des porcs, la cote sera supérieure à 1,00 (entre 1,01 et 1,04).

5. Prix corrigé des aliments mélangés à la ferme - La correction du prix des aliments mélangés à la ferme se fait en divisant le prix des aliments mélangés à la ferme (ligne 2) par les coefficients de qualité et de pelletisation. De la sorte, on tient compte de la valeur nutritive et de la pelletisation aussi bien des aliments commerciaux que des aliments préparés à la ferme.

Dans la plupart des cas, les exploitants qui produisent leurs aliments sur place utilisent plus d'un type de ration. Il se peut dans ces cas que les coûts des ingrédients varient considérablement d'une ration à l'autre. S'il s'agit d'alimenter des porcs, par exemple, il se peut que le producteur souhaite produire un certain nombre de mélanges distincts soit, par exemple, une ration de début, une ration de croissance et une ration de finition. Dans un tel cas, le coût des ingrédients doit être la moyenne pondérée des prix des rations. Le calcul suivant illustre ce résultat.

FORMULE	COUT/TONNE	TONNE/ANNEE
Ration de début	245 $	80
Ration de croissance	191 $	130
Ration de finition	206 $	90

$$\text{COUT TOTAL} : \frac{245\$(80) + 191\$(130) + 206\$(90)}{80 + 130 + 90} = 209{,}90\ \$$$

(Les valeurs retenues le sont à titre d'exemple seulement).

6. Marge - On calcule la marge en soustrayant le prix corrigé des aliments mélangés à la ferme du prix des aliments complets.

7. Coût en capital du système de mélange - L'analyse économique doit tenir compte des investissements en capital qui correspondent aux diverses possibilités de transformation. Le coût en capital doit englober :

- le coût de l'équipement
- les frais d'installation
- les frais de construction supplémentaires

L'évaluation des coûts d'équipement doit prendre en considération les dépenses qui correspondent aux vis à auge et aux convoyeurs. Si la formule de la ration mélangée à la ferme prévoit de la mélasse, par exemple, il y a lieu de prévoir le coût d'une rampe d'apport de mélasse et de l'équipement supplémentaire de manutention de la mélasse. Le choix d'équipement doit correspondre aux particularités des formules alimentaires. Si l'addition de vitamines est prévue, le mélangeur choisi doit pouvoir mélanger adéquatement des ingrédients en petites concentrations. Les coûts de ce genre d'équipement supplémentaire doivent également être inclus dans l'analyse des coûts.

8. Coût en capital du système d'entreposage - Le dernier élément d'investissement à considérer est celui de l'entreposage. Le dimensionnement minimum de la capacité d'entreposage doit correspondreau plus grand volume entre la quantité nécessaire à trois semaines de production (par ingrédient) ou à une quantité de trois tonnes (par ingrédient). Si l'exploitant veut profiter des prix de livraison en vrac, il doit obtenir des renseignements sur les quantités minimums livrées en vrac et planifier sa capacité d'entreposage en conséquence. Il peut être avantageux de disposer d'une cellule d'entreposage de céréales de grande capacité pour profiter des baisses saisonnières des prix pour alors constituer des réserves de certains ingrédients.

Dans la plupart des cas, il sera nécessaire de disposer de compartiments d'entreposage pour deux ingrédients. Lorsqu'il s'agit de mélanger des aliments à partir d'un supplément, il faut des cellules pour le supplément et pour les céréales. Lorsqu'un prémélange est utilisé, il faut une cellule pour les céréales et une cellule pour la source de protéines. Si la production quantitative annuelle de l'exploitation est suffisamment élevée, on peut prévoir un compartiment d'entreposage du prémélange. Autrement, on peut l'entreposer en sacs dans des installations existantes. On doit aussi prévoir une capacité d'entreposage du produit mélangé, en cas de panne du système de mélange. Dans de tels cas, l'agriculteur peut également décider d'avoir recours à des aliments préparés commerciaux. Le dimensionnement et la conception des installations d'entreposage doivent correspondre au choix de système de mélange. Lorsqu'on utilise un mélangeur à pesée, par exemple, des cellules additionnelles (cellules de manutention) peuvent faciliter la transformation.

Lorsqu'on évalue les coûts de systèmes d'emmagasinage, on doit inclure les coûts d'installation dans le chiffre inscrit à la ligne 8. Il ne faut pas oublier non plus les coûts additionnels des vis à auge et de l'équipement de convoyage.

9. Total du capital investi - On obtient l'investissement total en additionnant le coût en capital du système de mélange et les coûts du système d'emmagasinage. Les frais de consultation encourus ou à prévoir doivent faire partie de ce total.

10. Coûts d'exploitation du système - Les coûts d'exploitation du système englobent les coûts fixes annuels et les coûts d'exploitation variables. On peut estimer les coûts fixes annuels comme suit :

.Amortissement : 10 % de la valeur de l'équipement à l'acquisition. On doit supposer un amortissement linéaire et une valeur résiduelle nulle.

.Réparations : 3% du capital investi.

.Coûts d'intérêt : la moitié du capital investi par le taux d'intérêt courant.

.Assurance : 1 % de l'investissement total.

Une fois calculés les coûts fixes annuels, on doit les diviser par la production annuelle en tonnes pour déterminer les coûts fixes annuels par tonne d'aliments.

Les coûts variables ou coûts d'exploitation sont directement fonction du système de transformation retenu. Les variables suivantes sont celles qui décrivent le mieux les coûts d'exploitation : main d'oeuvre, carburant, lubrifiants et coûts d'électricité. C'est la quantification des besoins en main d'oeuvre qui est la plus difficile. Lorsqu'on utilise un broyeur-mélangeur roulable, la préparation, le mélange, le broyage et l'entretien normal de l'équipement nécessitent de 30 à 40 minutes (par lot) environ. Un certain temps est également nécessaire pour réunir les ingrédients . Le temps de collecte doit être évalué le plus exactement possible en effectuant une collecte des ingrédients nécessaires à la préparation d'un lot de moulée. La collecte des ingrédients et le déchargement du produit fini nécessitent habituellement de 45 à 50 minutes. S'il n'est pas possible de faire des évaluations plus complètes, on peut estimer sans grand risque d'erreur à 90 minutes par lot les exigences totales en main-d'oeuvre de ce genre de système.

Dans le cas des mélangeurs électriques fixes, les coûts en main-d'oeuvre sont minimes. Etant donné qu'il s'agit d'un système automatisé, les besoins en main-d'oeuvre se limitent à l'entretien normal (y compris l'étalonnage) et le démarrage de l'équipement. Le temps requis est évalué à 3 heures par semaines (156 heures par année) quelle que soit la quantité transformée. Le coût de main-d'oeuvre peut donc être intégré aux coûts annuels de la moulée. Lorsque les quantités transformées sont plus considérables (supérieures à 300 tonnes par année) on doit augmenter les besoins en main-d'oeuvre (en heures) de 3 % par 100 tonnes additionnelles, ce qui suffit à prendre en compte les coûts supplémentaires d'entretien et d'étalonnage qui correspondent aux forts volumes.

Les besoins en main-d'oeuvre des systèmes fixes de mélange en lots varient beaucoup selon le degré d'automatisation. Si le système est complètement automatisé, il ne faut environ que la moitié de la main-d'oeuvre nécessaire au fonctionnement d'un mélangeur électrique puisque l'étalonnage n'est pas nécessaire. Si le système n'est pas automatisé, les coûts en main-d'oeuvre peuvent augmenter considérablement. Les systèmes fixes à mélangeurs horizontaux nécessitent environ 20 minutes par lot, tandis que les systèmes à mélangeurs verticaux exigent environ de 30 à 35 minutes par lot.

Les calculs des coûts d'exploitation doivent être faits selon les indications suivantes :

Main-d'oeuvre - Coût de la main-d'oeuvre par heure multiplié par le nombre d'heures de travail par tonne d'aliments. On obtient le nombre d'heures par tonne d'aliments en divisant le nombre d'heures par lot par la capacité du système en tonnes par lot.

$$\frac{\$}{\text{heure}} \times \frac{\text{heures}}{\text{lot}} : \frac{\text{tonnes}}{\text{lot}} = \frac{\$}{\text{tonne}}$$

Carburant - Consommation (litre/heure) = 0,366 x puissance maximale du tracteur à la prise de force (kw). La consommation multipliée par le coût de l'essence donne le coût par heure. Un tracteur au propane coûte 20 % de plus en carburant et un tracteur au diesel 25 % de moins. Le coût de l'essence retenu est de 0,53 $ le litre. (Remarque : le tracteur fonctionne durant 90 minutes/ lot à 75 % de sa puissance.)

$$\frac{\$}{\text{litre}} \times \frac{\text{litre}}{\text{heure}} \times \frac{\text{heures}}{\text{lot}} - \frac{\text{tonnes}}{\text{lot}}$$

$$\text{Efficacité} = \frac{\$}{\text{tonnes}}$$

Lubrifiants - 2 % du coût de carburant.

Electricité - Le coût de l'énergie électrique a été estimé comme suit :

$$\frac{1,60 \times \text{kw du moteur} \times \$/\text{kwh}}{\text{Tonne/heure}} = \frac{\$}{\text{tonne}}$$

On doit ajouter les coûts fixes annuels ($/tonne) aux coûts variables et inscrire la somme à la ligne 10 du tableau 9.

Le tableau 11 illustre la ventilation des coûts fixes et des coûts variables de divers systèmes et le tableau 12 donne les coûts d'exploitation de divers systèmes pour divers niveaux de production annuelle. Les calculs sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- Coût de la main-d'oeuvre	10,00 $ l'heure
- Coût du carburant	0,53 $ le litre
- Coût de l'électricité	0,05 $ par kwh

Le système à prise de force nécessite 90 minutes de main-d'oeuvre par lot.

Le système fixe nécessite 20 minutes de main-d'oeuvre par lot.

TABLEAU 11
EVALUATION ECONOMIQUE
DE L'ENSEMBLE DES SYSTEMES DE TRANSFORMATION

Types de coûts		Systèmes				
		Système fixe	Broyeur-Mélangeur roulable		Mélangeur électrique automatique	
		Mélange en lots	Volumétrie	Gravimétrie	Volumétrie	Gravimétrie
Capital investi	Equipement	18 310	13 123	16 243	9 375	27 250
	Installation	2 720	-	-	1 406	4 087
	Bâtisse	-	-	-	-	-
$	TOTAL	21 030	13 123	16 243	10 781	31 337
Coûts fixes annuels	Amortissement	2 103	1 312	1 624	1 078	3 134
	Main d'oeuvre	-	-	-	1 560*	1 560*
	Réparations	631	394	487	323	940
Coûts de propriété	Intérêts	1 367	853	1 056	701	2 037
	Assurance	210	131	162	108	313
$	TOTAL	4 311	2 690	3 329	3 770	7 984
Capacité		0,7 tonne par lot	2,5 tonnes par lot		mélange en continu (0,3-3 tonnes/h) (moyenne 1 tonne/h)	
Coûts Exploitation Couts variables	Main d'oeuvre	4 76	6 00	6 00	-	-
	Carburant	-	2 60	2 60	-	-
	Lubrifiant	-	05	05	-	-
	Electricité	0 22	-	-	0 45	0 45
$	TOTAL	4 98	8 65	8 65	0 45	0 45

*La main-d'oeuvre est considérée comme un coût fixe.

** Les chiffres du tableau sont fondés sur les prix proposés par les fournisseurs d'équipement au moment de la rédaction de l'étude et sur certaines hypothèses énoncées dans la description de l'analyse économique. Le résultat permet de comparer divers systèmes à un endroit donné et à un moment donné et ne doit être utilisé qu'a des fins de comparaison.

TABLEAU 12
COUTS DES SYSTEMES DE MELANGE
POUR CERTAINS VOLUMES DE PRODUCTION

Coûts de systèmes de production d'aliments du bétail, $/tonne

Volume de production	Système fixe	Broyeur-mélangeur roulable		Mélangeur électrique automatique	
Tonnes/an	Production en lots	Volumétrie	Gravimétrie	Volumétrie	Gravimétrie
75	62 46	44 51	53 04	50 71	106 90
150	33 72	26 58	30 84	25 58	53 67
300	19 35	17 62	19 75	13 02	27 06
600	12 16	13 13	14 20	6 93	13 99
1200	8 57	10 89	11 42	3 94	7 45
2400	6 78	9 77	10 03	2 43	4 19

* Les chiffres ont trait aux coûts comparatifs de divers systèmes selon divers volumes de production annuelle. Les chiffres ne doivent être utilisés qu'à des fins de comparaison.

Les figures 21 et 22 illustrent les résultats de ces calculs. Si les hypothèses qui précèdent correspondent à la situation d'un exploitant donné, les valeurs du tableau 12 ou des figures 21 et 22 peuvent être utilisées directement; autrement, le tableau doit être rempli en fonction des particularités du système à l'étude.

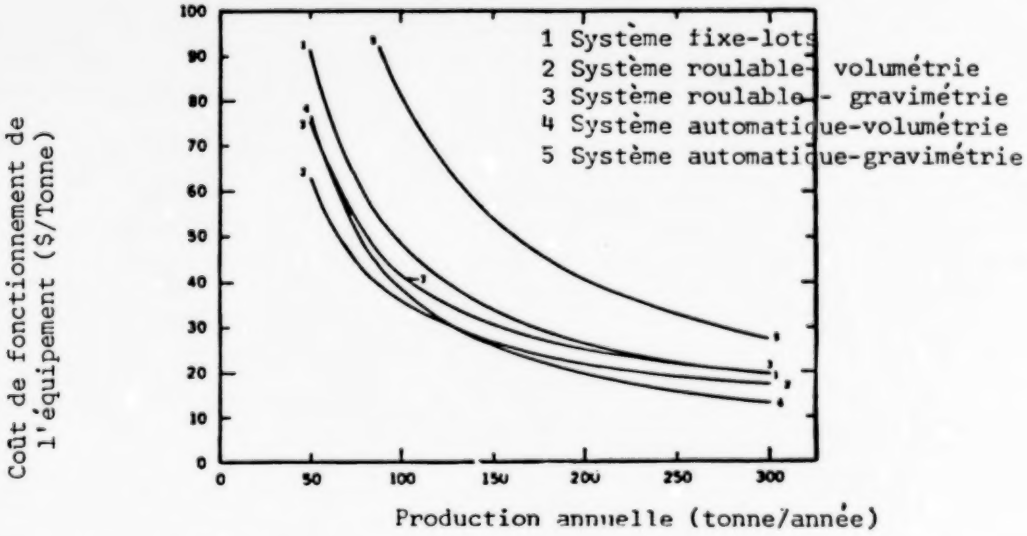


Figure 21 - COÛT D'EXPLOITATION DE DIVERS SYSTÈMES DE TRANSFORMATION

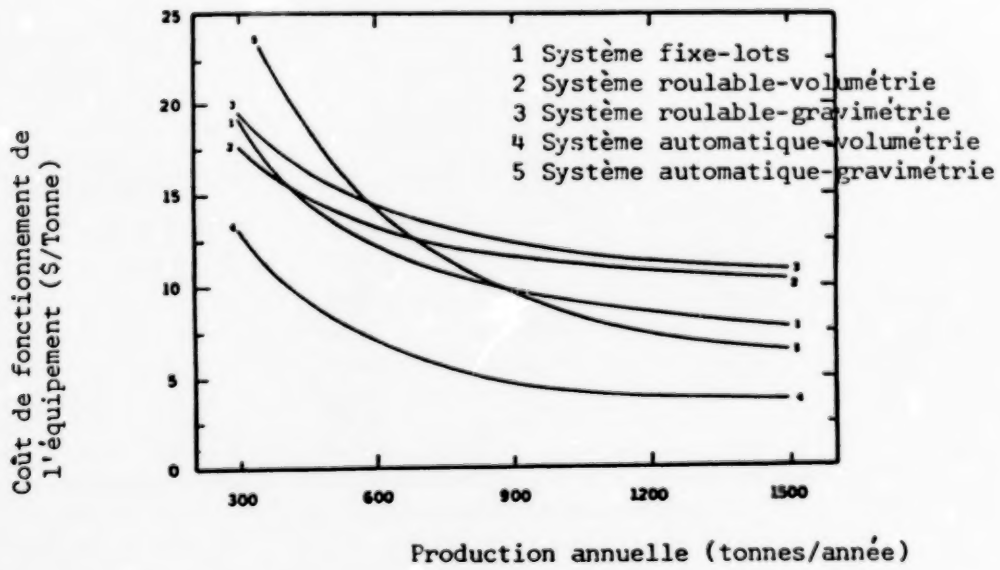


Figure 22 - COÛTS D'EXPLOITATION DE DIVERS SYSTÈMES DE TRANSFORMATION

11. Coûts d'exploitation de l'emmagasinage - Les coûts d'exploitation de l'emmagasinage comprennent les coûts fixes annuels et les frais d'intérêt de l'inventaire. On calcule les coûts fixes de la même manière que pour le tableau 11. Les frais d'intérêt de l'emmagasinage doivent être calculés comme suit :

0,65 x taux d'intérêt x coût de l'ingrédient par tonne x capacité d'entreposage

On considère ces frais comme un coût fixe annuel étant donné qu'ils sont fonction de la capacité d'entreposage et non pas du volume de production. Etant donné que les cellules d'emmagasinage ne sont jamais pleines ni jamais tout à fait vides, un coefficient de 0,65 a été appliqué. Cette valeur représente la moyenne des deux situations, soit celle d'une cellule remplie (1,00) et celle d'une cellule remplie à 30 % (0,3), compte tenu du fait que les cellules d'entreposage sont rarement vidées à plus de 70 %. Une fois calculés les coûts, on doit les diviser par le volume annuel en tonne. Le résultat doit être porté à la ligne 11 du tableau 9.

12. Coûts d'exploitation totaux - On obtient les coûts d'exploitation totaux en additionnant les coûts d'exploitation du système de mélange et du système d'emmagasinage.

13. Economies - On calcule les bénéfices nets par tonne d'aliments en soustrayant les coûts d'exploitation totaux (ligne 12) de la marge (ligne 6).

14. Rendement du capital investi - Le rendement du capital investi sert d'indice financier pour comparer la qualité des divers investissements. On l'obtient en divisant les bénéfices annuels, c'est-à-dire le profit, par le capital investi au départ et en multipliant ce quotient par 100 %. Ce pourcentage permet de comparer divers investissements mais ne doit pas constituer le seul critère.

Autres considérations -

Avant de prendre une décision définitive concernant la transformation à la ferme, il faut évaluer un certain nombre de considérations moins évidentes qui sont difficilement quantifiables.

Des coefficients de qualité et de pellitisation ont été incorporés à l'étude de faisabilité pour tenir compte de la valeur nutritive et de la digestibilité des aliments. Il n'est cependant pas possible d'inclure des facteurs liés à la qualité de mélange, étant donné que ceux-ci dépendent des caractéristiques de mélange de l'équipement.

L'achat des ingrédients et la préparation des aliments exigent une bonne connaissance de la gestion. Il faut connaître les conditions du marché et les équivalents nutritifs pour que les

formules alimentaires soient rédigées adéquatement. Si les aliments sont préparés à partir de formules inadéquates, il est probable que cela nuise au rendement des animaux et puisse facilement annuler les avantages économiques de la transformation à la ferme. De plus, si l'exploitant n'a pas accès à des ressources financières ou à des sources de crédit qui lui permettent de tirer parti des bas prix saisonniers des ingrédients, cela risque de modifier considérablement les conditions économiques de la transformation à la ferme.

Les taux de rotation des stocks des fabricants sont élevés, ce qui leur permet de fournir des aliments frais. L'exploitant qui achète de grandes quantités de vrac pour tirer parti des rabais de cubage doit entreposer adéquatement ses stocks de manière à ce qu'ils soient toujours frais.

Les fabricants d'aliments du bétail offrent également à leurs clients certains services auxiliaires dont l'agriculteur ne tient parfois pas compte lorsqu'il décide de produire ses propres aliments. Certains des services fournis sans frais aux agriculteurs par le fabricant sont énumérés ci-après :

1. Analyses en laboratoire du fourrage grossier, de l'eau, du lait et d'autres échantillons.
2. Services de consultation en matière de nutrition.
3. Analyse de systèmes de gestion.
4. Aide financière sous forme de crédits.
5. Aide technique en matière de reproduction.
6. Renseignements sur l'achat et la vente d'équipement agricole et de bétail.

Par contre, si les aliments du bétail sont produits à la ferme, l'exploitant contrôle entièrement l'utilisation des ingrédients. Il peut donc incorporer aux aliments des ingrédients liquides et les rendre ainsi plus appétissants. Le fait qu'il produit lui-même ses aliments fourragers le met à l'abri des pénuries. Cependant, au cas où il lui arrivait d'en manquer, il devrait s'être assuré à l'avance d'une autre source d'approvisionnement.

CONCLUSION

Le mélange à la ferme des aliments du bétail peut offrir une solution de rechange à l'agriculteur qui veut répondre lui-même à ses besoins alimentaires. La viabilité d'un système donné dépendrait du capital investi, des coûts d'exploitation et du volume de produit transformé. Grâce aux renseignements réunis dans la présente étude, l'agriculteur peut analyser en toute objectivité la faisabilité de son projet en suivant la procédure d'évaluation proposée. L'analyse lui permettra de décider s'il doit ou non opter pour la transformation des aliments à la ferme.

BIBLIOGRAPHIE

1. JOSE, D. et GERVASOR, P., 'Economics of Farm Feed Processing', rapport préparé à l'intention de la Division de l'économie du ministère de l'Agriculture et de la Commercialisation de la Nouvelle-Ecosse, 1970.

2. Statistique Canada.

3. NICHOLAS, T.E., BENSON, G.A. et WELLS, R.C., 'The Economics of Farm Feed Processing.'

4. OLENTINE, C., Feed Management Journal.

5. AFMA, Feed Manufacturing Technology.

6. BOYD, K.G. et MORRIS, J.R., 'On Farm Processing and Preparation for Swine', ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario.

7. 'Transformation et manutention des provendes à la ferme', Canada ministère de l'Agriculture, publication 1572, 1976.

8. MARR, J.E., 'Inspection and Sampling of Feed Ingredients and Blending and Sampling of Complete Feeds', MSD (Division de la société Merck, and Co.) AGVET Technical Service Bulletin, 1982.

9. 'Beef Cattle Feeding Systems, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan.

10. 'Choix et utilisation des silos hermétiques', Canada, ministère de l'Agriculture, publication 1728E.

11. WEEDEN, J.K. et NORRISH, J.G., 'Stationary Blender-Grinders -- A Field Evaluation'. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, document no. 81-101.

A N N E X E

BESOINS ALIMENTAIRES ANNUELS

	Type de bétail	nombre	Quantité d'aliments/tête /année		kg/année		total kg
1.	_____	_____	_____	x	_____	=	_____
2.	_____	_____	_____	x	_____	=	_____
3.	_____	_____	_____	x	_____	=	_____
4.	_____	_____	_____	x	_____	=	_____
5.	_____	_____	_____	x	_____	=	_____

TOTAL DES BESOINS KG/ANNEE _____

ou

TOTAL DES BESOINS TONNES/ANNEE _____

A N N E X E

COUT DES INGREDIENTS

Ingrédient	Prix $/tonne		Quantité/tonne d'aliments (en tonnes)		Coût $
1. _____	_____	x	_____	=	_____
2. _____	_____	x	_____	=	_____
3. _____	_____	x	_____	=	_____
4. _____	_____	x	_____	=	_____
5. _____	_____	x	_____	=	_____
6. _____	_____	x	_____	=	_____

Coût de séchage : quantité/tonne _____ x $15 = _____

Transport en vrac : quantité/tonne _____ x $10 = _____

Transport en sacs : quantité/tonne _____ x $15 = _____

COUT TOTAL (1 tonne) = _____

A N N E X E

ANALYSE ECONOMIQUE

1. Prix des aliments complets ($/tonne) _____

2. Prix des aliments mélangés à la ferme _____

3. Coefficient de qualité _____

4. Coefficient de pelletisation _____

5. Prix corrigé des aliments mélangés à la ferme ($/tonne) _____

6. MARGE ($/tonne)
   Ligne 1 - ligne 5 _____

7. Coût en capital du système de mélange ($) _____

8. Coût en capital du système d'emmagasinage ($) _____

9. Total du capital investi
   Ligne 7 + 8 _____

10. Coûts d'exploit..tion du système de mélange ($/tonne) _____

11. Coût d'exploitation de l'emmagasinage ($/tonne) _____

12. Coûts d'exploitation totaux ($/tonne) ligne 10 + 11 _____

13. Bénéfices nets ($/tonne)
    Ligne 6 - ligne 12 _____

14. Rendement de capital investi
    $\left(\frac{\text{Ligne 13 x quantité en tonnes x 100 \%}}{\text{ligne 9}}\right.$ _____

_____

1986